Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"
Факультет прикладної математики
ННК "Інститут прикладного системного аналізу"
Російська асоціація штучного інтелекту
Білоруський державний університет інформатики і радіоелектроніки
Видавництво «Просвіта»

XVII Міжнародна наукова конференція імені Т. А. Таран

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЇ

ІАІ-2017

Київ, 17 - 19 травня 2017 р.

Збірка праць

Рекомендовано Вченою радою
факультету прикладної математики

Київ
«Просвіта»
2017

УДК 004.8/.9+001.102](06)
ББК 32.973я43+73я43
І-73

Редакційна колегія:
д.т.н., проф. Валькман Ю.Р., д.т.н., проф. Голєнков В.В., д.т.н., проф. Дичка І.А., д.ф.м.н., проф. Жилякова Л.Ю., д.т.н., проф., академік НАНУ Згуровський М.З., д.ф.м.н., проф. Івохін Є.В, д.хаб., проф. Кожокару С. К., д.т.н., проф. Кондратенко Ю.П., к.ф.м.н., проф. Крейнович В., д.т.н., проф. Кузнецов О.П., д.т.н., проф. Кулаков Ю.О., д.т.н., с.н.с. Ланде Д. В., д.т.н, проф. Литвинов В.В., д.т.н., проф. Меліков А. З. огли, д.т.н., проф. Смородін В.С., д.ф.м.н., проф. Снарський А. О., д.т.н., проф. Стефанюк В.Л., д.т.н., доц. Чертов О.Р.

Головний редактор к.т.н., доц. Сирота С.В.
Відповідальний редактор Темнікова О.Л.
Відповідальний за випуск Копичко С.М.
Рекомендовано Вченою радою факультету прикладної математики
КПІ ім. Ігоря Сікорського протокол №10 від 29 травня 2017 р.

І-73 XVII Міжнародна наукова конференція імені Т.А. Таран «Інтелектуальний аналіз інформації» ІАІ- 2017, Київ, 17–19 травня 2017 р. : зб. пр. – К. : Просвіта, 2017. – 252 с. : іл.
ISBN 978–617–7010–13–4

У збірці опубліковані доповіді, представлені на конференції з наступних напрямів: мережеві і багатоагентні моделі, знання і міркування, онтологічний інжиніринг, аналіз даних, м'які обчислення, обробка природної мови, соціальні проблеми і освіта.

УДК 004.8/.9+001.102](06)
ББК 32.973я43+73я43

Використання матеріалів збірки можливе за умови обов’язкового посилання.

ISBN 978–617–7010–13–4

© ФПМ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017

16 квітня 2017 р. пішов з життя відомий учений в області інформатики і штучного інтелекту, завідувач відділом розподілених інтелектуальних систем Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій і систем Національної академії наук України і Міністерства освіти і науки України, професор кафедри математичних методів системного аналізу КПІ ім. Ігоря Сікорського, доктор технічних наук, професор

Юрій Роландович Валькман.

Ю. Р. Валькман народився 26 березня 1948 р. в м. Пайде, Естонія. Закінчив у 1971 р. механіко-математичний факультет Київського державного університету ім. Т. Г. Шевченка. Впродовж довгих років працював в Інституті кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України. У 1986 році захистив кандидатську дисертацію за фахом 05.13.11 - математичне і програмне забезпечення обчислювальних машин і систем, а в 1997 році – докторську дисертацію на тему «Дослідження складних об'єктів в модельно-параметричному просторі» (за фахом 05.13.16).

Автор більше 300 публікацій, у тому числі 5 монографій, 9 навчально-методичних посібників. Фахівець в області автоматизації проектування складних систем, комп'ютерних технологій дослідження складних об'єктів нової техніки, баз знань, системного аналізу, технології управління знаннями, методів і засобів штучного інтелекту, інтелектуальних технологій і систем, моделювання образного мислення.

Працював у складі редколегій провідних наукових журналів: «Програмні продукти і системи», «Онтологія проектування», «Інтелектуальні системи і технології».

Активно брав участь в наукових заходах виступав з пленарними доповідями на міжнародних конференціях з комп'ютерної лінгвістики і інтелектуальних технологій.

Нагороджений: Почесною грамотою Міністерства освіти і науки України (2006 р.); Грамотою Голови Верховної Ради України (2009 р.).

Коллега и большой друг нашей конференции Ю.Р. Валькман был ведущим специалистом Украины в области интеллектуальных систем и технологий, вице-президентом Международной ассоциации создателей и пользователей интеллектуальных систем (АСПИС), членом Советской, а затем Российской ассоциации искусственного интеллекта (РАИИ) и Международной ассоциации когнитивных исследований. Автор более 300 публикаций, в том числе 5 монографий, 9 учебно-методических пособий.

Юрий Роландович всегда интересовался новыми областями искусственного интеллекта и был одним из пионеров таких научных направлений как моделирование образного мышления и когнитивная семиотика. Уже будучи тяжело больным, он организовал круглый стол по когнитивной семиотике на КИИ-2016 в Смоленске.

За долгие годы существования нашей конференции «Интеллектуальный анализ информации» им. Т.А.Таран Юрий Роландович внес большой вклад в ее развитие и проведение. Он был активным членом Программного комитета, модератором работы секций, неоднократно выступал с пленарными докладами. Аспиранты Юрия Роландовича представляли на ИАИ его научную школу.

Юрий Роландович был удивительно харизматичным человеком, замечательным рассказчиком, человеком с энциклопедическими знаниями. Об искусственном интеллекте, казалось, что он знает все. Валькман Ю.Р. был главным историографом школы искусственного интеллекта. Благодаря ему, можно найти сегодня на YouTube и других ресурсах доклады и лекции ведущих учёных по искусственному интеллекту.

Мы сохраним память об известном ученом и светлом человеке. Нам будет не хватать его.

Оргкомитет ИАИ-2017

ВИДАВНИЦТВО
"ПРОСВІТА"
КИЇВ

УДК 681.3:519.68

Способ оптимизации многопутевых виртуальных каналов

Бабаджанова О.О., Копычко С.Н., Ларина И.С.
КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев, larina.irene@gmail.com

В работе предложен способ оптимизации многопутевых виртуальных каналов с помощью формирования кратчайших, непересекающихся друг с другом путей. Описан общий подход к оптимизации и приведен пример поиска оптимальных путей виртуального канала, представленного в виде графа.

Введение

Большинство современных протоколов маршрутизации ориентировано на формирование одного наилучшего пути между начальным и конечным узлами канала связи. Многопутевая маршрутизация позволяет формировать и использовать множество путей, повышая надёжность передачи и показатели QoS благодаря возможности выбирать между разными маршрутами в случае выхода из строя вершин или при определённых требованиях показателей пути. Нахождение множества оптимальных непересекающихся путей позволяет снизить вычислительную сложность маршрутизации.

Оптимизация многопутевого виртуального канала методом ветвей и границ

Известные алгоритмы формирования множества непересекающихся путей базируются на поиске в глубину, ширину или комбинации этих методов [1], однако не гарантируют, что полученные в результате алгоритма пути будут оптимальными или удовлетворять требованиям по таким показателям QoS как задержка [2]. В данной работе предложен способ нахождения оптимальных путей с помощью метода ветвей и границ.

Рассмотрим этот способ на примере нахождения оптимальных путей между вершинами B_1 и B_{21} графа на рис.1.

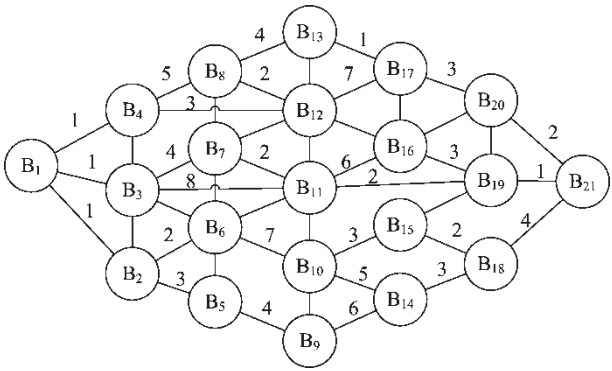

Рис. 1. Виртуальный канал, представленный в виде графа физических связей

С помощью модифицированного волнового алгоритма, описанного в [3], формируются множества вершин непересекающихся путей между двумя вершинами графа (рис.1). Основным критерием формирования является отсутствие смежных вершин, кроме начальной и конечной вершины.

В результате сформированы следующие множества, представленные на рис.2:

1. $\{B_1, B_2, B_5, B_6, B_9, B_{10}, B_{14}, B_{15}, B_{18}, B_{21}\}$
2. $\{B_1, B_3, B_7, B_{11}, B_{16}, B_{19}, B_{21}\}$
3. $\{B_1, B_4, B_8, B_{12}, B_{13}, B_{17}, B_{20}, B_{21}\}$

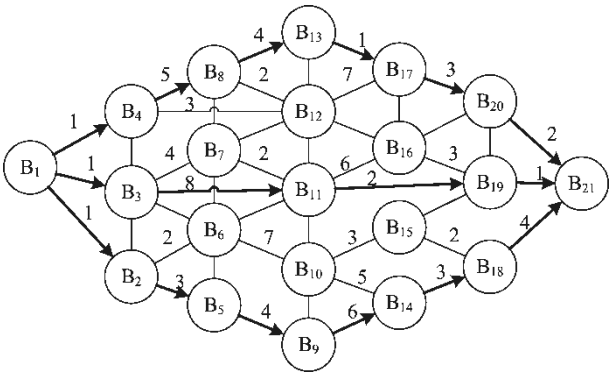

Рис. 2. Множества непересекающихся между собой путей от B_1 до B_{21}

Следующим этапом является поиск оптимального пути в каждом множестве вершин. В данном случае оптимальным путём будет считаться самый короткий путь от начальной до конечной вершины. Для этого применяется алгоритм ветвей и границ. На примере первого множества {B_1, B_1, B_5, B_6, B_9, B_{10}, B_{14}, B_{15}, B_{18}, B_{21}} найдём оптимальный путь от B_1 до B_{21}.

Для рассматриваемого множества вершин строится дерево переходов. Основным условием перехода по дереву является минимальная длина пути к вершине.

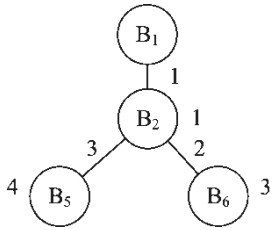

Рис. 3. Начало продвижения по дереву переходов

Так, при выборе между вершинами B_5 и B_6 (рис.3) дерево продолжает строиться через вершину B_6 (рис.4). Если есть ветвь, длина пути по которой в данный момент меньше, чем длина текущего пути, то необходимо вернуться в ветвь с меньшей длиной. Так, на рис.4 путь B_1 – B_2– B_5 меньше, чем текущий путь B_1 – B_2 –B_6 – B_{10}. Значит, дерево продолжает строиться из вершины B5 до тех пор, пока длина данного пути не превысит длину другого пути (рис. 5).

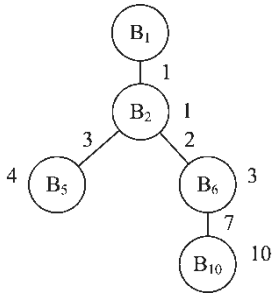

Рис. 4. Продолжение дерева переходов через вершину B_6

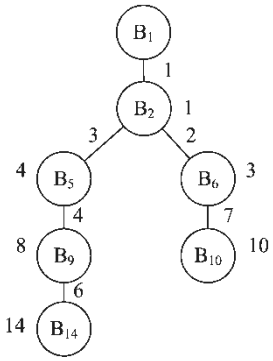

Рис. 5. Дерево переходов необходимо продолжить с вершины B_{10}

Аналогично, дерево продолжает формироваться от вершины B_{10}, до тех пор, пока длина этого пути не окажется больше длины другого пути. В результате получено дерево на рис.6. Как видно, оптимальным путём для рассматриваемого множества $\{B_1, B_2, B_5, B_6, B_9, B_{10}, B_{14}, B_{15}, B_{18}, B_{21}\}$ является путь с длиной 19: $B_1 – B_2 – B_6 – B_{10} – B_{15} – B_{18} – B_{21}$.

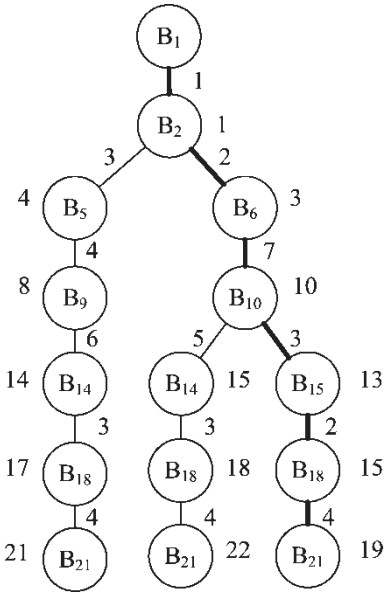

Рис. 6. Сформированное дерево переходов для множества вершин $\{B_1, B_2, B_5, B_6, B_9, B_{10}, B_{14}, B_{15}, B_{18}, B_{21}\}$

Аналогично выполняется поиск оптимального пути для остальных множеств. Для $\{B_1, B_3, B_7, B_{11}, B_{16}, B_{19}, B_{21}\}$ оптимальным является путь $B_1 – B_3 – B_7 – B_{11} – B_{19} – B_{21}$ с длиной 10 (рис.7); для $\{B_1, B_4, B_8, B_{12}, B_{13}, B_{17}, B_{20}, B_{21}\}$ оптимальным является путь $B_1 – B_4 – B_{12} – B_{17} – B_{20} – B_{21}$ с длиной 16 (рис.8)

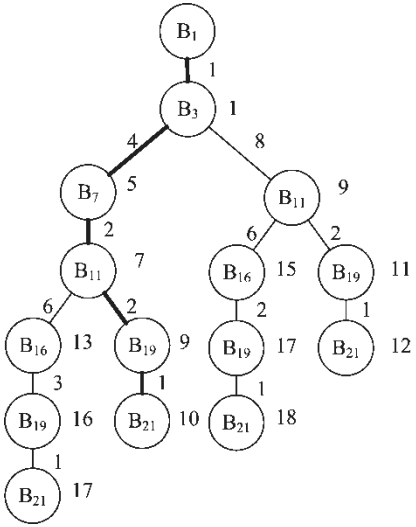

Рис. 7. Сформированное дерево переходов для множества {B_1, B_3, B_7, B_{11}, B_{16}, B_{19}, B_{21}}

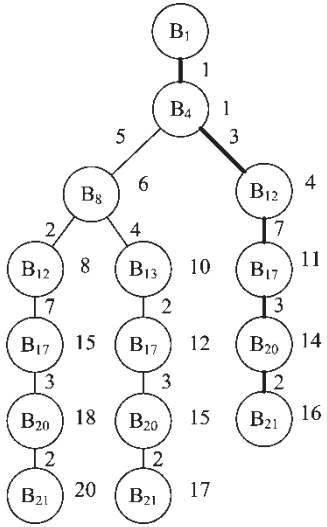

Рис. 8. Сформированное дерево переходов для множества{B_1, B_4, B_8, B_{12}, B_{13}, B_{17}, B_{20}, B_{21}}

Таким образом, получены три оптимальных пути, которые не пересекаются между собой (рис.9).

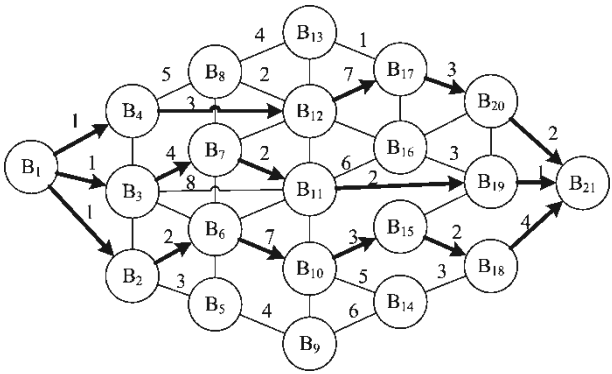

Рис. 9. Оптимальные пути виртуального канала

Выводы

Предложенный способ позволяет оптимизировать множество непересекающихся путей. Оптимизация осуществляется в рамках подграфов с минимальным количеством вершин, что обеспечивает наименьшую временную сложность в процессе реконфигурации путей.

Литература

1. Шувалов В.П. Классификация методов многопутевой маршрутизации / Шувалов В.П., Вараксина И.Ю. // T-Comm – Телекоммуникации и транспорт, Том №8, №1, 2014, С. 29-32.
2. Sandeep Singh. A survey on Internet Multipath Routing and Provisioning / Sandeep Singh, Tamal Das, Admela Jukan // IEEE Communications Surveys and Tutorials, July 2015, p. 1-20.
3. Диброва М.А. Способы организации многопутевой маршрутизации / М.А. Диброва, А.В. Коган, Р.М. Капорин // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: збірник наукових праць. – Київ: Век+, – 2014. – №64. – С. 21-26.

УДК 004.51:004.514.6

Представлення, обробка та інтерактивний доступ до професійно-навчальної інформації

Білоус А. О.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, alyona.bilous@gmail.com

У роботі визначено проблеми доступу до професійно-навчальної інформації, розглянуто способи зберігання та пошуку такої інформації, способи представлення та візуалізації результатів пошуку.

Вступ

Час від часу люди різних сфер діяльності потребують доступу до нової інформації. Зазвичай для цього використовуються пошукові системи. Найбільш поширеними проблемами, що можуть виникати під час пошуку, є отримання протилежних результатів через існуючі слова-омоніми та затрати часу для аналізу отриманої інформації (ознайомлення з нею, визначення чи відноситься дана інформація до необхідної галузі, поглиблений пошук за певним напрямом). Для більш ефективного пошуку необхідно виконувати аналіз запиту та результатів для представлення найбільш відповідної інформації, відображення результатів у більш зручному форматі для її сприйняття.

Інтерактивний доступ до інформації

Проблема представлення доступу до професійно-навчальної інформації

Професійно-навчальна інформація – це частина інформаційного простору, що містить впорядковані дані (визначення, статті, література, тощо), які можуть бути використані для навчання, роботи та досліджень у різних професійних галузях. Даний матеріал, навіть враховуючи його впорядкованість за категоріями та галузями, може містити інформацію щодо певного поняття, яке відноситься до зовсім різних професійних напрямків, а отже різні визначення поняття протирічать один одному. Якщо здійснити звичайний пошук такого поняття (запит на знаходження пев-

ного слова чи словосполучення серед усіх даних) як у більшості пошукових систем, то у результаті буде отримано список посилань, які можуть навіть не відповідати темі запиту, а лише матимуть спільні слова. Людина має проаналізувати отриману інформацію щоб зрозуміти яке з визначень відповідає її потребі, на що буде витрачено певний час.

Для вирішення проблеми швидкого доступу до спеціальної інформації необхідно розробити методи пошуку та представлення результатів, які якнайкраще відповідатимуть потребам людини.

Пошук з аналізом запиту та результатів

Одним з найпростіших способів є пошук з фільтрацією даних, наприклад, за категоріями. Тобто користувач обирає певну галузь, вводить запит та отримує список лише тих результатів, що належать до обраної галузі інформації. Але такий спосіб пошуку вимагає від користувача чіткого розуміння галузі пошуку.

Більш складний пошук можна здійснити у системі з латентно-семантичним аналізом [1]. Проаналізувавши документи, що знаходяться у системі, можна віднести їх до категорій за ключовими словами. Крім того, набір ключових слів для різних категорій може поповнюватись із завантаженням нових документів та їх подальшим аналізом. Пошук у такій системі здійснюватиметься наступним чином: з пошукового запиту буде виділено ключові слова, відповідно до цих слів буде підібрано категорії у порядку частоти стрічання таких ключових слів у документах, з даних категорій буде вибрано відповідні документи.

На конференції з текстового пошуку було запропоновано здійснювати текстовий пошук шляхом динамічного домену [2]. Кожне пошукове завдання шляхом динамічного домену включає деякі взаємодії між користувачем та пошуковою системою. У першій ітерації користувач відправляє запит і цільовий домен інтересів до пошукової системи. Система надає користувачу первісне ранжування документів та отримує відповідь на дане ранжування, це повторюється поки система не закінчить пошукову задачу.

Але спосіб представлення результатів списком посилань не є достатньо зручним для швидкого розуміння та орієнтування в інформації, адже отримавши відповідь на шуканий запит зазвичай необхідно знайти пов’язані поняття для поглибленого вивчення питання, для чого необхідно робити новий пошук, або переходити за посиланнями, які пов’язані з обраною статтею.

Представлення результатів пошуку

У випадку виведення результатів у вигляді списку посилань, сприйняття даних є недостатньо зручним – для отримання додаткової інформації необхідно перейти на посиланнями, проаналізувати дані та обрати потрібні. Крім того суцільний текст потребує затрат часу на прочитання та аналіз.

Людські око та мозок краще сприймають та аналізують інформацію, що представлена у графічному вигляді. Тому представлення результатів пошуку краще реалізувати саме так.

На конференції з питань інтерактивного пошуку інформації 2016 року було запропоновано візуалізацію даних на основі графу та ієрархії [3] (рис.1):

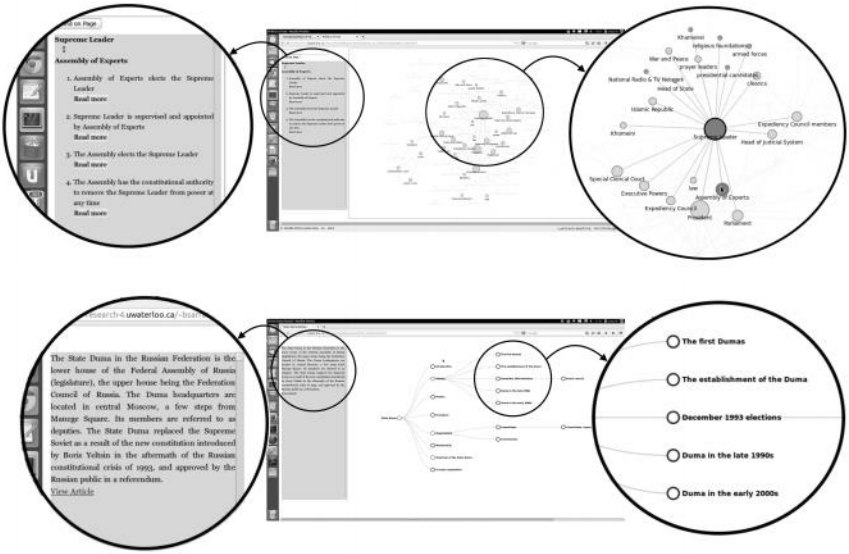

Рис. 1. Графовий та ієрархічний інтерфейси візуалізації

У графовій візуалізації знайдені результати розміщуються у вершинах графа, а пов’язана між собою інформація поєднується за допомогою ребер. При виборі певної вершини пов’язані з нею вузли підсвічуються, а контент результату відображається зліва. Як доповнення до даного методу може бути реалізовано зафарбовування вузлів за галузями. Ієрархічна візуалізація реалізована на основі дерева, де вершинами є результати пошуку, а пов’язана інформація, що є доповненням та уточненням попередньої вершини міститься рівнем нижче та з’єднується ребрами.

Побудову структури графічних інтерфейсів візуалізації можна виконувати на основі релевантності [4]. Перший спосіб базується на точках інтересу. Пошуковий запит розділяється на ключові слова, що називаються точками інтересу. Для кожної точки інтересу виконується пошук документів, що їй відповідають. Чим більш доречним є документ – тим ближче до точки інтересу відображатиметься. Другий спосіб заснований на наборах слів. Пошуковий запит поділяється на усі можливі набори ключових слів, що у ньому містяться, і для кожного набору відбувається пошук найбільш відповідних документів. Таким чином користувач має змогу оглянути усю сукупність найбільш відповідних документів.

Для відображення послідовності подій у певному часовому проміжку можна використовувати часову лінію: відрізок з позначками часу та прапорцями з інформацією про певний період та час. При такому представленні послідовність подій сприйматиметься та запам'ятовуватиметься швидше.

Графічне представлення інформації надає більш структурований результат на відміну від списку, а отже може бути краще та швидше проаналізований людиною.

Висновки

Для створення інтерактивного доступу до професійно-навчальної інформації необхідно: виконання аналізу та обробки документів, що зберігаються у системі (виділення ключових слів з тексту, віднесення документу до певної категорії чи категорій), виконання аналізу пошукового запиту (виділення ключових слів, пошук відповідності набору ключових термінів до категорій), підбір документів на основі проаналізованого запиту, графічне відображення результатів у форматі, що краще відповідає суті пошуку: наприклад, при пошуку значення термінів – ієрархічний інтерфейс, при потребі аналізу певного питання – графовий інтерфейс, відображення послідовності подій – часова лінія.

Література

1. Landauer T., Foltz P., Laham D. An Introduction to Latent Semantic Analysis / T. Landauer, P. Foltz, D. Laham // Discourse Processes, 25. — 1998. — 378. — P. 259– 284.
2. Hui Yang G., Soboroff I. TREC 2016 Dynamic Domain Track Overview/ G. Hui Yang, I. Soboroff // TREC 2016. — 2016. — 22.
3. Sarrafzadeh B., Vtyurina A., Lank E., Vechtomova O. Knowledge Graphs versus Hierarchies: An Analysis of User Behaviours and Perspectives in Information Seeking / B. Sarrafzadeh, A. Vtyurina, E. Lank,

O. Vechtomova // ACM SIGIR Conference on Human Information Interaction and Retrieval. — 2016. — 337. — P. 91–100.
4. Brusilovsky P. Personalization in the Context of Relevance-Based Visualization / P. Brusilovsky // ESIDA '17 Proceedings of the 2017 ACM Workshop on Exploratory Search and Interactive Data Analytics. — 2017. — 74. — P. 49–50.

УДК 004.89:378.147

Формування індивідуальної траєкторії навчання співробітника на підприємстві

Богданов А. В., к.т.н., доц. Гагарін О. О.,

к.т.н., ст.н.спів. Богачков Ю. М.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, iredero@gmail.com

У роботі запропоновано спосіб підготовки нового співробітника до робочої посади, базуючись на компетенціях співробітника, компетенціях посади, та на навчальних матеріалах, що формують необхідні компетенції.

Вступ

Наймаючи нового співробітника, перед менеджером з персоналу постає проблема адаптації професійних навичок співробітника до робочого процесу компанії. Однією із задач адаптації є навчання співробітника. Умовою проходження випробувального періоду є отримання сертифікату, до якого необхідно підготуватися. Пошук необхідного навчального матеріалу зазвичай займає багато часу, а куратор співробітника не завжди має час розповісти необхідний матеріал, так як сам є співробітником компанії та першочергово має виконувати клієнтські задачі. Для вирішення таких проблем призвані системи адаптивного навчання, що дозволяють формувати індивідуальні траєкторії навчання для кожного співробітника, обираючи із системи необхідні матеріали і розташовуючи їх в упорядкованому вигляді. Щойно співробітник закінчить підготовку, він здає екзамен у зовнішній системі. Після чого менеджер з персоналу вносить результат екзамену до системи. Описаний спосіб також підходить як засіб підвищення кваліфікації співробітника.

Опис методу

Концептуальний підхід роботи системи індивідуального навчання на підприємстві

Перш ніж співробітник увійде до системи, менеджер з персоналу повинен наповнити систему компетенціями та сертифікатами, що містять перелік компетенцій, які вони підтверджують, а також ввести інформацію про

отримані співробітником сертифікати. Для опису компетенцій можна обрати модель, запропоновану Радою європейських товариств професійної інформатики (CEPIS)[1]. Після цього співробітник може обрати сертифікати, до яких йому необхідно підготуватися. Таким чином система буде мати інформацію про те, якими компетенціями користувач вже володіє і які компетенції йому необхідно отримати.

Для того, щоб співробітник приступив до навчання, система повинна бути наповненою навчальними матеріалами. Матеріали можуть містити інформацію різного типу: текст, відео, аудіо, посилання, зображення або будь-який інший тип, що підтримує HTML5[2]. За наповнення системи навчальними матеріалами відповідає куратор, таким чином позбавляючи себе від необхідності розповідати одну й ту саму лекції кожному новому співробітнику. Також під час створення матеріалу вказуються необхідні для проходження компетенції та компетенція, що формується після освоєння матеріалу. Такий підхід дозволить побудувати в системі граф залежностей компетенцій. Щойно весь навчальний контент буде внесено до системи, користувач може приступати до навчання, використовуючи індивідуальну траєкторію навчання.

Формальна модель даних системи індивідуального навчання на підприємстві

Система індивідуального навчання (СІН) складається з модулів керування співробітниками (МКС) та навчанням (МКН):

$$\text{СІН} = < \text{МКС}, \text{МКН} > \quad (1)$$

$$\text{МКС} = \{C, Ce, L\}, \text{МКН} = \{U\}, \quad (2)$$

де $C = \{c_1, \dots, c_{n1}\}, n1 \in \mathbb{N}$ - множина компетенцій, $Ce = \{ce_1, \dots, ce_{n2}\}, n2 \in \mathbb{N}$ - множина сертифікатів, $L = \{l_1, \dots, l_{n3}\}, n3 \in \mathbb{N}$ - множина навчальних матеріалів, $U = \{u_1, \dots, u_{n4}\}, n4 \in \mathbb{N}$ - множина користувачів.

Зв'язки між множинами мають наступні відображення:

1) між користувачами та компетенціями $UC: C \to 2^U, CU: U \to 2^C$
2) між сертифікатами та компетенціями $CeC: C \to 2^{Ce}, CCe: Ce \to 2^C$
3) між навчальними матеріалами та вихідними компетенціями $CL_{out}: L \to C, LC_{out}: C \to L$
4) між навчальними матеріалами та вхідними компетенціями $CL_{in}: L \to 2^C, LC_{in}: C \to 2^L$
5) між сертифікатами та користувачами $CeU: U \to 2^{Ce}$, $UCe: Ce \to 2^U$

Введемо наступний оператор для визначення запланованих користувачем компетенцій:

$$CU_p(u) = \{c \in C: CeU(u) \cap CeC(c)\} \quad (3)$$

Для визначити дочірніх компетенцій відповідно до батьківської із урахуванням отриманих користувачем компетенцій введемо оператор

$$ChC(u,c) = \{\acute{c} \in C: c \notin CU(u) \cap LC_{out}(c) \cap LC_{in}(\acute{c}) \cup ChC(\acute{c})\} \quad (4)$$

Тоді оператор, що дозволить отримати необхідні для засвоєння співробітником компетенції матиме наступний вигляд:

$$CU_{req}(u) = \{c \in C: c \in CU_p(u) \cup ChC(u,c)\} \quad (5)$$

Формування індивідуальної траєкторії навчання

Всю модель системи можна представити у вигляді графа (Рис. 1, рис. 2).

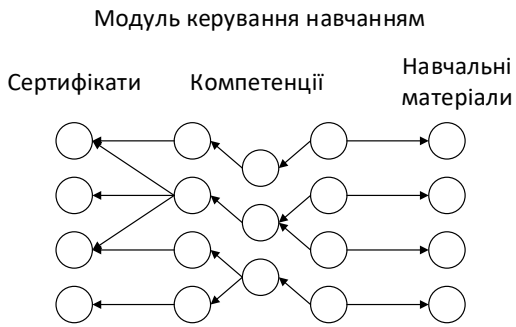

Рис. 1. Граф даних модулю керування навчанням

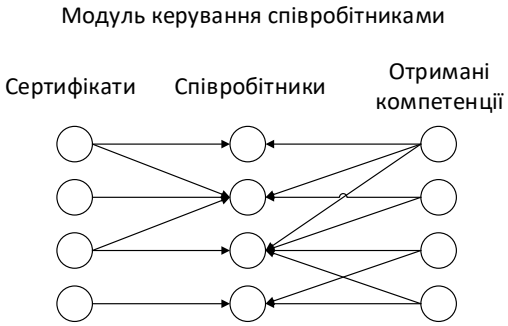

Рис. 2. Граф даних модулю керування співробітниками

Індивідуальна траєкторія навчання базується на запланованих співробітником компетенціях та їх залежностях. Список таких компетенцій можна отримати застосувавши (5). Отриману інформацію можна представити у вигляді графа (Рис. 1).

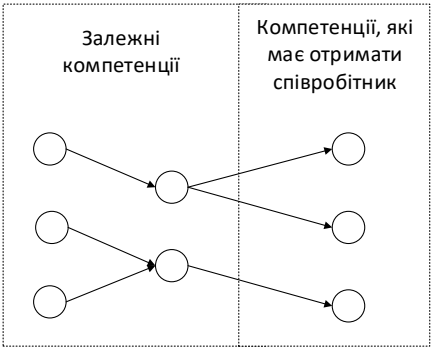

Рис. 3. Схема графу компетенцій, які повинен отримати співробітник

Треба врахувати, що співробітник не може отримати компетенцію, якщо він не отримав її залежні компетенції. Для однієї компетенції може бути безліч залежностей. Таким чином будемо мати орієнтований ациклічний граф. Для запобігання виникнення циклів під час наповнення системи компетенціями необхідно використати алгоритм Тар'яна [3] для обходу графу, що виконує пошук вершин сильної залежності.

Відповідно до графа для побудови траєкторії необхідно обрати алгоритм, що дозволяє відсортувати вузли (компетенції) за залежностями. Для цього необхідно звернутися до методів топологічного сортування. Умовам

нашого графу задоволняє алгоритм топологічного сортування, що описано у [4]. Отже, маючи на вході граф необхідних компетенцій, що зображено на Рис. 4, отримаємо послідовність 1-4-3-2, зображену на Рис. 5.

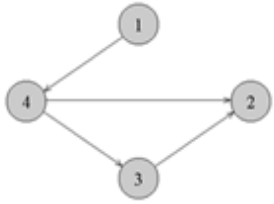

Рис. 4. Приклад графу необхідних співробітнику компетенцій

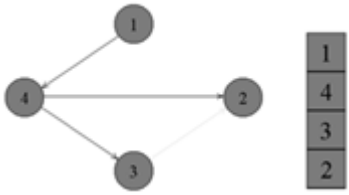

Рис. 5. Приклад графу необхідних співробітнику компетенцій

До кожної компетенції прив'язано навчальний матеріал. В результаті система для кожного співробітника сформує послідовність навчальних матеріалів необхідних для засвоєння. Така послідовність і буде називатися індивідуальною траєкторією навчання (Рис. 6).

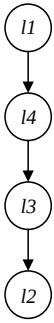

Рис. 6. Схема індивідуальної траєкторії навчання

Висновки

Запропоновано спосіб підготовки нового співробітника до робочої посади. Проведено формалізацію даних, описано концептуальний підхід роботи системи. Дана система також підходить як інструмент підвищення рівня кваліфікації працівників на підприємстві. Розроблено унікальну систему, що дозволяє частково автоматизувати процес викладання та пришвидшити навчання нового співробітника, формуючи індивідуальну траєкторію навчання, базуючись на сертифікатах, компетенціях та навчальних матеріалах.

Література

1. e-CF overview [Електронний ресурс] // European e-Competence Framework – Режим доступу до ресурсу: http://www.ecompetences.eu/e-cf-overview/.
2. Content models - HTML5 [Електронний ресурс] // W3C – Режим доступу до ресурсу: https://www.w3.org/TR/2011/WD-html5-20110525/content-models.html.
3. Седжвик Р. Алгоритмы на графах = Graph algorithms / Роберт Седжвик. – Россия, Санкт-Петербург: ДиаСофтЮП, 2002. – 496 с.
4. Топологическая сортировка [Електронний ресурс] // Хабрахабр. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: https://habrahabr.ru/post/100953/.

УДК 681.3:519.711

ПРОБЛЕМА КОМПРОМЕТАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Бондарчук Ю. В., к.ф.-м.н., доц.,
КНУ ім. Т. Шевченка, м. Київ, byv.kyiv@gmail.com

Глобалізація обчислювального ресурсу створює нові прецеденти успішної компрометації даних для когнітивних систем, які будуть впливати на прийняття рішень у всіх сферах діяльності суспільства. Аналізується можливість компрометації систем з машинним навчанням в Big Data, які можуть бути найбільше вразливими. І можливості виправити таку ситуацію в системах не буде.

Вступ

Досить несподівано через когнітивні технології проявився новий вид систем підтримки прийняття рішень (СППР), які вже практично не розвивалися, крім достатньо кабінетних (через їх обчислювальну складність для он-лайну) методів прийняття рішень [1]. Зокрема, основною ідеєю СППР є зберігання та обмін рішеннями [2], що зовсім необов'язковим є для методів. Те, що не стало основним для вже відомих СППР, успішно реалізується в інтелектуальних системах – вони створюються саме для прийняття рішень і часто в автоматичному режимі. Їх СППР ще не називають, але вони такими стають на рівні, в першу чергу, аналізу даних.

Для систем, які оперують великими масивами даних, наприклад, машинне навчання в Big Data [3] (з потоковими даними великого об'єму та різноманітної структури), немає можливості повертатися до вже оброблених даних для перенавчання системи – ці дані неможливо зберігати з-за їх гігантських об'ємів. І неправильні дані, вплинувши на навчання системи, створюють інциденти компрометації інтелектуальних систем. Тобто доведеться користуватися скомпрометованими системами і буде показано, що зарадити та виправити таку ситуацію в сфері масових обчислень практично неможливо.

Зараз акцентується увага в обговоренні когнітивних технологій на позитивах і мало досліджуємо (і попереджаємо), що такі технології будуть як і ЗМІ – від фейкових, пропагандистських тощо до «правильних» та корисних. Врешті, абсолютно досконалих технологій не існує.

Особливість нової інформаційної організації програмних систем

Зауважимо важливі для когнітивних технологій зміни в роботі програмних систем та користувачів з даними.

1. В плані глобальної інформаційної взаємодії програмні системи довгий час працювали з даними, локалізованими при системі (on premises) (рис. 1). Така локалізація мала значне дублювання інформації (знову ж в глобальному вимірі), проте дозволяла контролювати версії даних на будь-якому проміжку часу. Та й самі об'єми могли бути досить скромними.

З поширенням хмарних технологій йде процес міграції всіх даних в хмари (причому буквально, бо є вже термін *туманні технології*), тобто дані

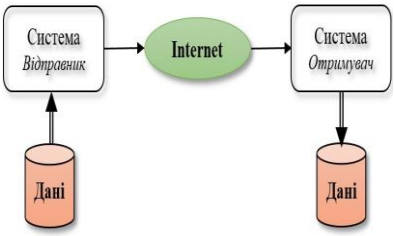

Рис. 1. Розміщення даних до хмарних обчислень

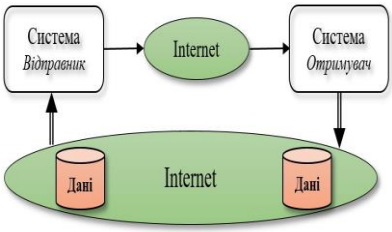

Рис. 2. Розміщення даних за хмарних обчислень

цільової системи та її клієнта знаходяться в Internet, і, можливо, в одній хмарі (рис. 2). Таке представлення дає поштовх до однорідності більшості даних, що спростить їх інтелектуальний аналіз. Але сервіси розміщення даних в хмарах із миттєвою синхронізацією в різних семантичних зв'язках буде приводити до миттєвого проникнення фейкових та скомпрометованих даних в системи аналізу даних.

2. Щодо змісту та джерел даних є розподіл на первинні дані, вторинні (надбудовані над попередніми) і т.д. І вторинних-третинних джерел більше і вони складають основний об'єм даних, який ще й щороку подвоюється. Тобто є певний парадокс: інформації стає більше, але надійних джерел стає менше. З відповідним наслідком для автоматизованого аналізу даних. Помилки в первинних джерелах виправляються по мірі їх виявлення, проте в надбудованих джерелах це буде рідше і без прив'язки до першоджерела (бо передавали зміст без структури та семантики подій). Відповідно, прийняття рішень на базі скомпрометованих фактів може взагалі бути невиявленим. Проблемою буде не виявлення інциденту компрометації, а виправлення врахованого у навчанні системи масиву фальшивих даних, бо вже

створені нові семантичні зв'язки наступними порціями даних, і втрата таких зв'язків може бути гіршою за виявлену шкоду.

Як приклад можна навести виявлену в кінці 2016 р. помилку в програмах приладів МРТ, яка призвела до встановлення величезної кількості неправильних діагнозів на протязі щось із 10 років. Так от, прошивку МРТ поміняли, але як виправити всі створені цими діагнозами події в медичній науці (тисячі дисертацій, рекомендацій!) та практиці?

3. Оперування в основному надбудованими даними створює видимість зв'язку всіх подій між собою. І чим більше фактів ми беремо до розгляду, тим більша кореляція між ними. З якось моменту виявити реальну кореляцію певних фактів буде неможливо. Що, знову ж, буде сприяти компрометації інтелектуального аналізу даних та СППР. І, скоріше за все, про це чесно будуть говорити лише в вузькому колі фахівців.

4. Є певна індукційна пастка: якщо вдавалось виправлення навчання на скомпрометованих даних за локального зберігання даних, то вдасться і для зберігання в хмарах. Проте для хмар це не працюватиме, бо там будуть свої засоби індексації, аналізу тощо (від власника хмари, як мінімум), та, як відзначалося вище, буде спрацьовувати миттєве проникнення фактів (і правильних, і спеціально скомпрометованих) у надбудовані інформаційні канали та аналітичні бази, що зробить задачу відкату до правильних станів практично нереальною.

Тобто одночасно будуть розвиватися як позитивні так і негативні сторони когнітивних технологій.

Можливість компрометації системи машинного навчання

В машинному навчанні (МН) ми не можемо повернутися до використаних у навчанні даних. В кращому разі може фіксуватися зміна станів, наприклад, нейронної мережі (НМ) для певних даних (їх джерело та інші атрибути).

1. Розглянемо варіант МН з однією НМ. Якщо такі зміни станів будуть не дуже часті (можуть протоколюватися) та факти компрометації повідомлень будуть виявлені, тим не менше, виправлення в НМ призводитиме до деградації МН, бо НМ фактично буде без постійного навчання (рис. 3). Підібравши частоту компрометації даних можна повністю компрометувати саме МН. НМ постійно відкочується до стану *S1* після кожного виправлення скомпрометованих даних, тобто НМ втрачає можливість навчання (можна періодично підкидати МН скомпрометовану інформацію для блокування навчання).

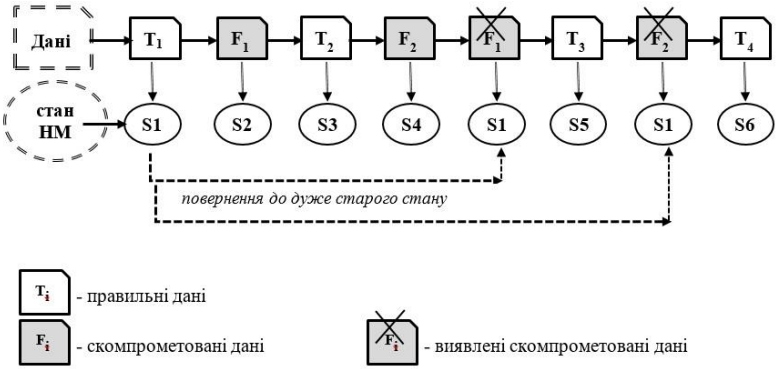

Рис. 3. Стани 1-ї нейромережі до і після компрометованих даних

2. Ще гірша ситуація буде для 2-х і більше НМ (рис. 4).

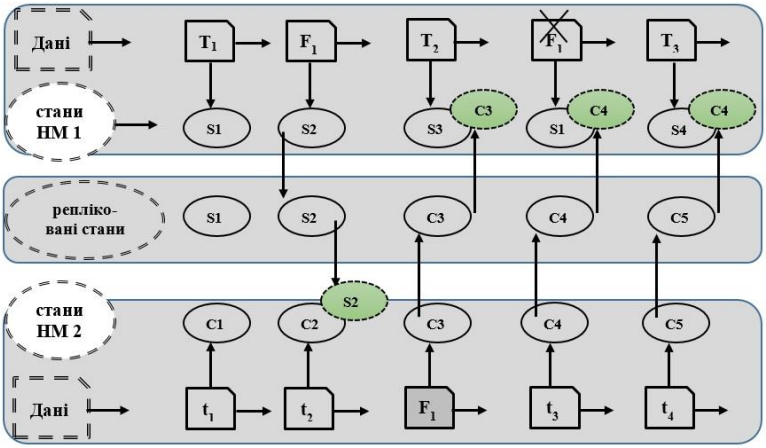

Рис. 4. Стани 2-х нейромереж до і після компрометованих даних

Такий варіант буде узагальнювати роботу своїх НМ (які обслуговують різні канали даних). Наприклад, ті дані, які призвели до збільшення вагових коефіцієнтів зв'язків в НМ, узагальнюються в *репліковані стани* та періодично поширюються на всі НМ, Нехай, 1-а НМ працює з первинними даними і при виявленні скомпрометованихданих, як і в варіанті лише однієї НМ, може відкочуватися в попередній правильний стан (*S1*). А 2-а НМ

працює з вторинними-третинними джерелами, в яких компрометовані дані не завжди розпізнаються, але вони «покращили» стан. І цей скомпрометований стан (*C4*) (покращивши вагу в зв'язках) попадає у репліковані стани і, врешті, прописується в 1-й НМ замість правильного *S1*. Відповідно, будуть скомпрометовані і прийняті рішення від такого МН.

Якось негарно виходить: система МН з однією НМ легше виходить із стану компрометації. І постає вибір – використовувати одну супер потужну НМ, або розподілену мережу реплікованих НМ, які простіше компрометуються.

Висновки

Технології машинного навчання, як видно, в масових обчисленнях легко компрометуються. І все одно вони будуть успішно використовуватися, - будуть просто замовчуватися інциденти та наслідки в комерційному використанні. Врешті, завжди можна відкотитися до стану, який вважається правильним, що пізніше може виявитися також скомпрометованим. Зрештою, доведеться змиритися із ситуацією, що є у розробників програмних систем – якщо прийшов час продакшину, то система йде в продакшин з усіма відомими лише розробникам недоліками.

Мабуть також потрібна більша увага аналізу процедур виходу з компрометованих станів для складних розподілених систем (бо уникнути компрометації неможливо). Компрометація стане ледве не основною технологією кібервієн – навіщо блокувати ресурси, видаючи щей джерело походження атак, надійніше анонімно його скомпрометувати.

Література

1. Бондарчук Ю.В. Щодо модифікації парадигми СППР // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика (СППР-2013): Збірник доповідей наук.-практ. конф. — Київ: ІПММС НАНУ, 2013, – С. 9-11.
2. Бондарчук Ю.В. Патерни взаємодії СППР // Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика (СППР-2015): Збірник доповідей наук.-практ. конф. — Київ: ІПММС НАНУ, 2015, – С. 9-12.
3. White Tom. Hadoop: The Definitive Guide / O'Reilly Media/Yahoo Press (3rd Edition), 2012, — 688 p.

УДК 005

К вопросу о формировании понятия «интеллектуальный анализ информации»

Боргест Н.М., к.т.н., проф.
Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Институт проблем управления сложными системами РАН, г. Самара, Россия, borgest@yandex.ru

На основе частной, нерепрезентативной выборки приводится анализ рождения понятия «интеллектуальный анализ информации». Представлен подход к формированию составного понятия на основе исходных. Показана очевидная многозначность понятий и важность онтологического анализа предметной области при определении фокуса исследуемых и изучаемых научных дисциплин. Приведены частотные характеристики исследуемых ключевых слов в различных информационных ресурсах.

Введение

В работе делается попытка исследовать формирование содержания понятия на примере понятия, используемого в названии международной конференции «Интеллектуальный анализ информации» (ИАИ). Существующее различие толкований используемых ключевых терминов в англо- и русскоязычной научной и нормативной литературе затрудняет понимание и общение коллег по цеху.

Рассмотрены определения самого термина «понятие», а также определения исходных терминов, из которых состоит составное понятие. Приведены результаты эксперимента на частной выборке в студенческих группах по предложенной методике формирования составных понятий, опираясь на содержание исходных.

Исследованы частотные характеристики используемых понятий в глобальной сети и наукометрических базах данных.

Предлагается обсудить полученные результаты с целью повышения эффективности научных исследований за счет более четкой фокусировки проводимых работ в рассматриваемой области [1].

Понятие

Понятие - общее имя с содержанием и объемом. Содержание - это совокупность признаков предметов, отражённых в понятии, а объём - это

множество (класс) предметов, каждому из которых принадлежат признаки, относящиеся к содержанию понятия. Отчетливой границы между теми именами, которые можно назвать понятиями, и теми, которые не относятся к ним, не существует. В толковании содержания самого имени «понятие» единства мнений нет. Иногда под понятием имеют в виду все имена, включая единичные и пустые, в других случаях - это общие имена, отражающие предметы и явления в их общих и существенных признаках, а иногда это содержание общего имени, со смыслом, стоящим за ним [2].

Понятие отражает в обобщённой форме предметы и явления действительности и связи между ними посредством фиксации общих и специфических признаков, в качестве которых выступают свойства предметов и явлений и отношения между ними. Нередко под понятиями понимают системы знаний, представляющие собой фрагменты тех или иных научных теорий. Подобные системы знаний предполагают определения понятий, установление их связей с иными понятиями [3].

Рождение понятия. Эксперимент в группе

В студенческих группах Самарского университета был проведен эксперимент, в котором приняли участие студенты 3 и 4 курсов Института авиационной техники. Цель эксперимента - выявить природу формирования составных понятий на основе когнитивных способностей молодого поколения, вовлеченного в использование информационных технологий.

Для этого студентам, опираясь на собственные знания и представления, необходимо было дать определения исходным терминам (понятиям), представленным в табл. 1, и подобрать синонимы к исследуемым понятиям, а также выделить ключевые слова.

Таблица 1. Исходные понятия: термины, определения, синонимы

Термин (понятие)	**Определение**	**Ключевые слова, синонимы**
Природа		
Природный		
Искусство		
Искусственный		
Интеллект		
Интеллектуальный		
Анализ		
Синтез		
Информация		
Данные		

На основе построенных определений исходных понятий, опираясь на основы когнитивной семантики [4] и когнитивные процессы второго типа (система 2) [5] студентам необходимо было попытаться сформулировать

содержание таких составных понятий как «ИАИ» и «искусственный интеллект» (ИИ).

Следует отметить, что наличие толкований исходных понятий позволило студентам сформировать содержания составных понятий, которые в целом соответствуют современной парадигме научных знаний. При этом наиболее ярко проявилось соотношение смысла и значения, которое традиционно дифференцируют многие исследователи [6, 7].

Место понятия в составе близких понятий

Согласно ГОСТу [8] термин «информация» следует использовать, если есть необходимость в интерпретации, а термин «данные» - если необходимо сконцентрировать внимание на формах представления информации. При этом «данные» (data) - это информация, представленная в формализованном виде, пригодном для передачи, интерпретации или обработки с участием человека или автоматическими средствами [9].

Новейший ГОСТ [10] определяет *данные* как предоставление информации в формальном виде, пригодном для передачи, интерпретации или обработки людьми или компьютерами, а *информацию* (information) как любые данные, представленные в электронной форме, написанные на бумаге, высказанные на совещании или находящиеся на любом другом носителе..., включая компоненты программного обеспечения системы обработки. При этом понятие «ИИ» (artificial intelligence) рассматривается как способность функционального блока выполнять функции, обычно ассоциирующиеся с интеллектом человека (например, рассуждения и обучение).

Федеральный закон РФ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации (редакция, действующая с 01.01.2017)» определяет «информацию» лишь как сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления.

Часто ИАИ ассоциируется (и это наглядно демонстрируют результаты информационного поиска в глобальной сети) с интеллектуальным анализом данным (ИАД) или Data Mining (добыча данных, глубинный анализ данных или ИАД) — собирательное название, используемое для обозначения совокупности методов обнаружения в данных ранее неизвестных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности.

К чести организаторов конференции ИАИ ее основная тематика, представленная на сайте [11], расширительно представляет спектр работ, привлекаемых на эту конференции. Да это и понятно, т.к. «ИАИ» задает лишь

вектор притяжения, определяет фокус исследований, связанных с интеллектуальным анализом и компьютерной поддержкой разного рода информационных задач.

Частотный анализ

Для оценки публикационной активности работ, в которых авторы пользуются ключевыми для ИАИ словами можно попытаться воспользоваться ресурсами наукометрических баз данных. На рис. 1 представлены результаты поиска опубликованных научных работ за последние 10 лет в базе данных Scopus, содержащих слова «intellectual», «intellectual AND analysis» и «intellectual AND analysis AND information» в статьях, аннотациях и ключевых словах этих статей. Из рис. 1 видно, что сочетание слов «ИАИ» встречается в работах, индексируемых в этой базе данных, значительно реже по сравнению со словами «интеллектуальный» или «интеллектуальный анализ».

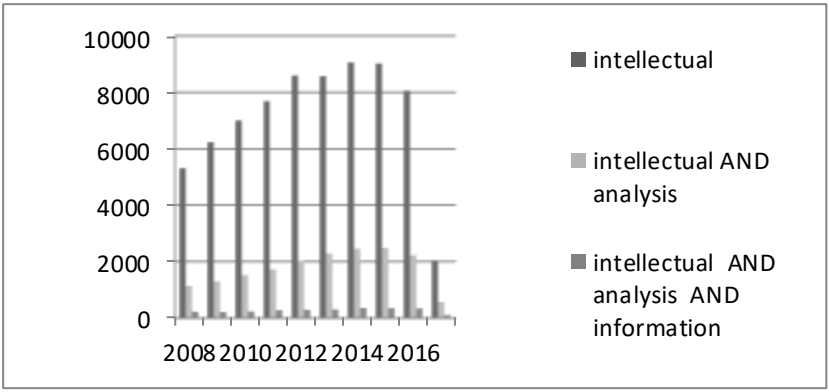

Рис. 1. Гистограмма проиндексированных работ по годам в Scopus, содержащих слова «intellectual», «intellectual AND analysis» и «intellectual AND analysis AND information» в Article, Abstract, keywords (актуально на 19.04.2017)

На рис. 2 представлены результаты поиска опубликованных научных работ за последние 10 лет в базе данных Scopus, содержащих слова «information», «information AND analysis», «artificial AND intelligence» и «data AND mining» в статьях, аннотациях и ключевых словах этих статей. Из рис. 2 видно, что сочетание слов ИИ в работах, индексируемых в этой базе данных, лишь не значительно превосходит количество работ, в которых упоминается ИАД (data mining).

Самостоятельный интерес представляет частотность ключевых слов ИАИ в сетевом пространстве Интернет. Причём в отличие от международных баз данных, традиционно использующих лишь английский язык, здесь можно использовать термины и на русском языке. В табл. 1 представлены результаты поиска по ключевым словам с помощью различных поисковых систем, таких как Google.ru, Яндекс.ru, Rambler.ru, Yahoo.com, Aol.com. Стоит отметить, что результаты поиска по Яндекс.ru и Rambler.ru, а также Yahoo.com и Aol.com практически идентичны.

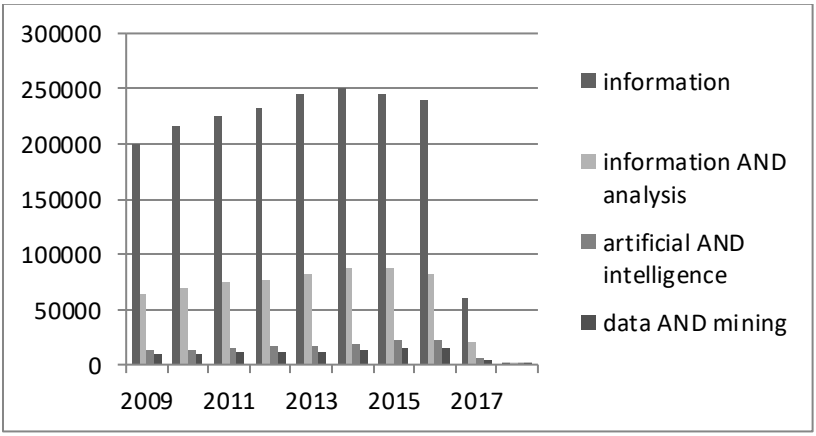

Рис. 2. Гистограмма проиндексированных работ по годам в Scopus, содержащих слова «information», «information AND analysis», «artificial AND intelligence» и «data AND mining» в Article, Abstract, keywords (актуально на 19.04.2017)

Таблица 1. **Результаты поиска по ключевым словам с помощью различных поисковых систем (актуально на 19.04.2017, в тыс.)**

Ключевое слово	Google.ru	Яндекс.ru	Rambler.ru	Yahoo.com	Aol.com
information	7.930.000	171.000	171.000	39.300	39.100
information analysis	1.203.000	63.000	55.000	54.900	54.900
информация	689.000	120.000	127.000	14.900	14.900
intellectual	251.000	96.000	97.000	14.600	14.600
intellectual analysis	170.000	56.000	54.000	105	105
intellectual analysis of information	98.100	71.000	56.000	57.800	54.600
data mining	58.100	42.000	37.000	1.250	1.250
анализ информации	53.000	41.000	41.000	833	838
интеллектуальный	11.200	69.000	70.000	291	291
ИАД	744	52.000	41.000	721	747
ИАИ	469	63.000	55.000	718	718
интеллектуальный анализ	467	51.000	39.000	29.6	29.6

Представленные в табл. 1 результаты расположены по уменьшению найденных с помощью Google.ru записей по рассматриваемым словам. По мнению автора, результаты, полученные с помощью этого поисковика, наиболее точно воспроизводят соотношения исследуемых понятий с точки зрения частотности их использования в реальной практике.

В табл. 2 представлены количественные результаты поиска по ключевым словам ИАИ в наукометрических базах данных РИНЦ и Scopus.

Таблица 2. **Результаты поиска по ключевым словам в наукометрических базах данных РИНЦ и Scopus (актуально на 19.04.2017)**

Термин	РИНЦ	Scopus
Information	1053994	3974044
Data Mining	18174	158292
Artificial Intelligence	7605	254964
Intellectual Analysis	8141	27054
Информация	212796	-
Интеллектуальный анализ	10571	-
Интеллектуальный анализ данных	4640	-
Интеллектуальный анализ информации	1168	-

Ожидаемая высокая, на порядки превышающая другие слова частотность слов «Информация» (Information) подтверждена количественно.

Выводы

Отсутствия строгих и объективных критериев дифференциации и интеграции научных знаний, критериев эффективности эволюции научных знаний и наличие непреодолимой субъективности вносимых в понятия содержаний – все это приводит к необходимости «коллективной» договоренности к построению онтологий в изучаемых и исследуемых предметных областях. Поэтому автор рассчитывает на критический анализ приведённых утверждений и аргументированные предложения по их возможному улучшению или опровержению.

Благодарности

Работа выполнена при проведении исследований по теме № 0056-2014-0009 «Интерсубъективное управление инновационным развитием социотехнических объектов с применением онтологических моделей ситуаций» в рамках государственного задания Институту проблем управления сложными системами РАН, а также при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации мероприятий Программы

повышения конкурентоспособности Самарского государственного аэрокосмического университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013-2020 годы.

Литература

1. *Боргест Н.М.* Границы онтологии проектирования / Н.М. Боргест // Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7, №1(23). – С. 7-33. – DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-7-33.
2. Философия: Энциклопедический словарь. — М.: Гардарики. Под редакцией А.А. Ивина. 2004.
3. Философский энциклопедический словарь. Понятие это: - http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/952/ ПОНЯТИЕ.
4. *Кузнецов О.П.* Когнитивная семантика: новые подходы к старым проблемам. В сб. тр.: XII международная научная конференция имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации», Киев, 16-18 мая 2012 г. – К.: Просвіта, 2012. 340с. — с.77-89.
5. *Кузнецов О.П.* О теории ограниченной рациональности. В сб. тр.: международная научная конференция имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации», Киев, 20-22 мая 2015 г. – К.: Просвіта, 2015. 284с. — с.109-120.
6. *Валькман Ю.Р.* О когнитивной семиотике. В сб. тр.: XII международная научная конференция имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации», Киев, 16-18 мая 2012 г. – К.: Просвіта, 2012. 340с. — с.19-30.
7. *Валькман Ю.Р.* О моделировании смысла, понимания, целостности образов. В сб. тр.: XI международная научная конференция имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации», Киев, 17-20 мая 2011 г. – К.: Просвіта, 2011. 360с. — с.170-179.
8. ГОСТ 34.320-96. Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Концепции и терминология для концептуальной схемы и информационной базы. Дата введения 2001-07-01.
9. ГОСТ 34.321-96 Информационные технологии. Система стандартов по базам данных. Эталонная модель управления данными. Дата введения 2001-07-01.
10. ГОСТ 33707-2016 (ISO/IEC 2382:2015) Информационные технологии. Словарь. Дата введения 2017-09-01.
11. Основная тематика конференции «Интеллектуальный анализ информации-2017». - http://pma.fpm.kpi.ua/ru/iai/topics.

УДК 681.3:519.68

Программирование без языков программирования. (Новая математическая полиглот-концепция).

Вельбицкий И. В., д.ф.-м.н., проф., г. Киев, ivelbit@gmail.com

Аннотация. Впервые после 1947 года предлагается использовать более простую и математически строгую концепцию программирования графами, нагруженными только по горизонтальным дугам символами и выражениями, из элементарной математики. Такой граф является полиглотом, имеет стандарт ISO 8631/1989 и только один эффективно используется на всем жизненном цикле процесса разработки и эксплуатации программ. Традиционные языки программирования не используются. Новая концепция имеет гораздо лучшие характеристики по наглядности, простоте, компактности до 100+ раз больше и скорости ввода программ в компьютер до 100+ раз быстрее. Существенно упрощаются, улучшаются и ускоряются процессы безошибочного проектирования алгоритмов, программ и данных, доказательство их правильности, самодокументирования и документирования мотивации принимаемых решений. Получаемые в результате программы более эффективны. Чем больше и логически сложнее программный проект, тем больше эффект применения новой концепции, которая настолько проста и естественна для человека, что позволяет программировать ВСЕМ, а не только программистам. Это делает программирование элементом всеобщей грамотности и культуры общества. Нам не известен аналог новой концепции. В статье приведена история возникновения и проверки новой концепции программирования, описание ее сути, преимуществ, реализованной графической среды и перспективы ее использования.

Введение

В 1960-х годах нами был введен термин технология программирования [1,2] как интуитивное осознание того факта, что главное – не только язык (в то время это был Алгол-60), а и как его использовать и писать на нем *грамотно* и *культурно*, *легко* и *просто*. В настоящее время технология программирования включена во все IT-программы обучения, но программирование осталось *сложным, дорогим* и недоступным всем, потому что его концепция осталась неизменная с 1947г.

Программирование в графах*) начало формироваться нами в 70-х при разработке больших систем управления всех ракет бывшего Союза [3]. В результате впервые после 1947г. уже сейчас в 2016 году была окончательно сформирована новая, очень простая графическая концепция программирования

***) В математике в теории графов есть только ДВА эквивалентных типа графов, которые могут быть использованы в программировании. Это граф, нагруженный по вершинам (например, всем известные блок-схемы, автоматы Мура) и граф, нагруженный по дугам (сетевые графики, автоматы Мили).**

единая(!) для задания алгоритмов, программ, данных и сетевых графиков на всем жизненном цикле разработки и эксплуатации программ. Проведен ее всесторонний анализ, опытная *реализация(!)* и эксплуатация новой графической среды программирования (ГСП) [3-5].

В новой концепции ***исключены*** **все** старые машинно-ориентированные и НЕестественные для человека операторы типа: **if-then, else, for, goto ..., метки**, блочные скобки типа **begin-end, {-}..., отступы** (лесенки) и большинство знаков препинания. Для человека их слишком много – *больше половины мусора* в существующих текстах программ. Они сложны, маломощны, эмпиричны (строго не определены), и обеспечивают только примитивно-ремесленническую технологию работы человека. Для *нейтрализации* их недостатков человек тратит слишком много усилий, создавая огромное число новых языков, методов и сред программирования, которые «якобы упрощают», а на самом деле делают программирование еще более сложным, запутанным, непонятным и недоступным для всех.

Новая концепция впервые вводит в программирование доказательный и безошибочный стили и уже имеет стандарт ISO 8631/1989. Она является полиглотом и сливается с известными, строгими математическими принципами представления и обработки информации, которые приближаются к принципам работы мозга. Новая концепция *универсальна*, она так *проста* и *естественна* для человека, что программирование **впервые** будет *доступно всем* (а не только программистам) и станет элементом всеобщей грамотности и культуры общества, а это резко увеличивает темпы развития такого общества.

Суть новой концепции программирования

Рис. 1. Аксиома новой концепции программирования

В новой концепции для записи любых алгоритмов, данных и программ используется только *одна* горизонтальная (влево или вправо) дуга графа, так называемая *логическая R-схема* или *аксиома*, рис.1. На этой дуге сверху записано *Условие*, а снизу – *Действия*, которые выполняются, если Условие «истинно». Для записи на дуге Условий и Действий в одну или несколько строк используются любые естественные языки: английский, русский, китайский и др., а также символы, выражения и функции элементарной

математики и фрагменты из любых языков программирования для записи Условий, Действий и функций обращения к их Библиотекам, рис.2. Из вершины графа может исходить любое число дуг влево и/или вправо, которые анализируются последовательно сверху вниз. Для записи графов типа «петли» используются специальная дуга типа «знак равно» между вершинами, рис.3.

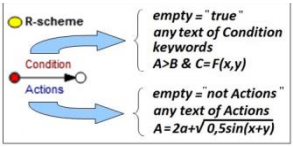

Рис. 2. Запись Условий и Действий на дуге в одну или несколько строк.

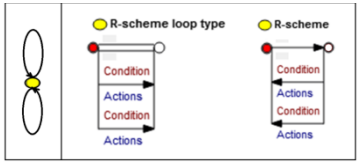

Рис. 3. R-схемы графов типа «петли».

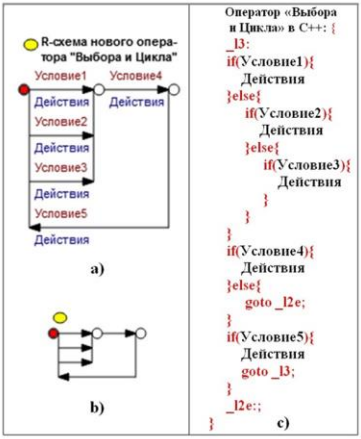

Рис.4 Запись нового оператора «Выбора и Цикла»

На рис.4 приведен пример определения нового оператора: «3-х (может быть любое число) Условий и Цикла». На рис.4a приведена его R-схема (14строк), на рис.4b – его абстрактная R*-схема (5строк) или запись R-схемы (алгоритма, программы) без деталей реализации, без записей на дугах, а на рис.4c – эквивалентная традиционная запись в C++ (24строки), где красным отмечены *лишние* символы для R-схемы на рис.5a. Таких лишних символов на рис.4c **=77** или с отступами и переводами строк, тоже лишними **=140** (**62%**).

Запись R-схемы в **2**(=24/14), а R*-схемы в **5**(=24/5) раз компактнее записи их в C++, или R=2 и R*=5 соответственно. Ввод одного (из 10) оператора C++ (рис.4c) в компьютер занимает в среднем 14(=140/10) клика клавиатуры, а ввод дуги R-схемы (рис. 4a) занимает **0.8** (=4/5), что в **18**(=14/0,8) раза меньше (eR=18) и потому быстрее. Максимальные известные в настоящее время RR*-схемы программ имеют характеристики: R=**133**, R*=**400** и eR=**578**. Это значит, они имеют компактность в 133, 400 раз больше, а скорость ввода в компьютер быстрее в 578 раз по сравнению с традиционной концепцией записи этих же программ в C++.

Такой граф в математике соответствует функции и имеет имя с параметрами или без, которое записывается сверху около желтого эллипса, рис.2-5.

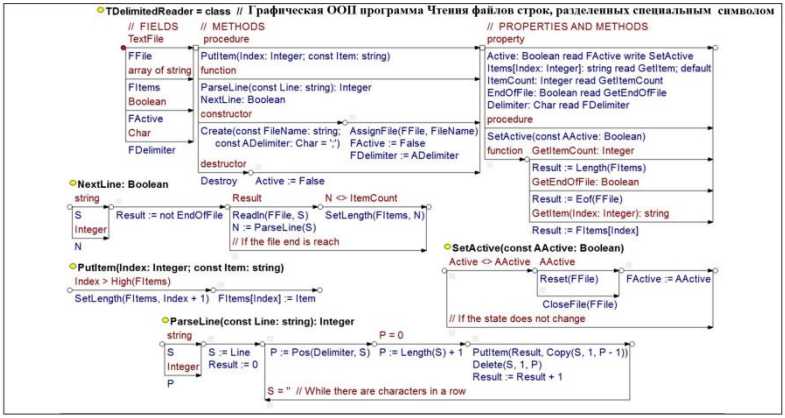

Рис. 5. R-схема ООП-программы, которая в **7** раз **компактнее,** чем традиционная запись этой программы в Delphi [6].

На рис.6 приведена *Абстрактная* R*-схема или запись R-схемы на рис.5 без деталей реализации, без записей на дугах, то есть максимально компактно с изображением только математической логики (сути) программы. Это новое теоретичекое понятие в программировании, у которого большое будущее для компактной записи, *анализа*, *синтеза* (оптимизации) и *сертификации* программ.

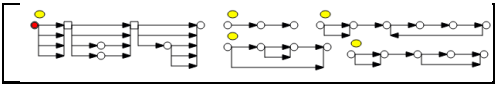

Рис. 6. Абстрактная R*- схема записи программы в **36** раз компактнее записи ее в Delphi.

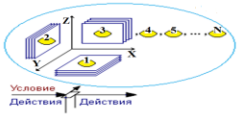

Рис.7. 3D-программирование.

Вершины и дуги графа могут иметь разную *конфигурацию* и *цвет,* рис. 1-7. На рис.5,6 квадратной вершиной отмечены дуги, которые могут выполняться параллельно, а на рис.7 вершиной в виде параллелограмма изображен принцип 3D и многомерного выполнения графических программ, а также документирования мотивации принимаемых решений. Прямоугольная вершина, например, может запоминать число обращений к ней и иметь порог чувствительности в своей работе аналогично работе мозга у человека. Цвет вершин широко используется для реализации светофоров в программе, а цвет в дугах – для наглядного обозначения, маршрутов автоматической генерации функционально-полного набора тестов программ и т.д.

Ввод каждой горизонтальной дуги графа делается одним нажатием

мыши или клавиатуры или пальца по сенсорному экрану. При одном нажатии может быть введено сразу несколько новых горизонтальных дуг. Вертикальные дуги и вершины рисуются в ГСП автоматически, что увеличивает скорость и надежность (безошибочность) ввода RR*-схем графических программ.

На всем жизненном цикле новой концепции чертеж проекта программы (алгоритм) совпадает с самой программой, документацией и *сетевым графиком* разработки, рис.8. Руководитель работ **впервые** может около каждой работы на дуге R-схемы (проекта программы) записать имя исполнителя и расчетное время ее выполнения и *проконтролировать* качество выполняемых работ.

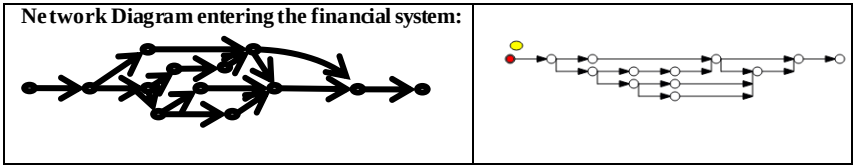

Рис.8. R*-схема сетевого графика «Ввода в эксплуатацию Финансовой системы»

Для задания структур и классов данных, методов ООП, функций настройки и т.д. в новой концепции используются *ключевые* слова типа: **int, array, class, function**, **#include <iostream> ...,** которые записываются на дуге сверху и всегда истинны, рис.5. Эти дуги обычно *безальтернативны*, независимы друг от друга и могут выполняться *параллельно в* соответствии с ключевым словом на дуге. Используемая в них информация является, как правило, вспомогательной и служит для нейтрализации недостатков традиционной концепции программирования и упрощения процессов трансляции в ней. В графическом программировании эта информация может быть просто получена из контекста R-схеиы и потому со временем может быть исключена из графического программирования полностью или частично, как это произошло в математике.

Человек всегда стремится найти графический образ любым своим действиям. Известно огромное число графических способов записи программ в виде графов, нагруженных по вершинам: Блок-схемы (рис.9), UML, Workflow, SDL, ДРАКОН, Google BLOCKLY и т.д. R-схемы – это графы, нагруженные по дугам, которые имеют заметные количественные и качественные преимущества. Они *выполнимы* на компьютере на всем жизненном цикле разработки, более просты, универсальны (не содержат сложных профилей), эффективны (более мощны), наглядны и компактны.

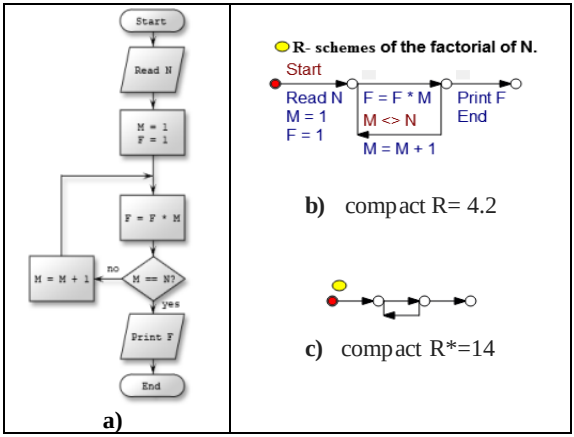

Рис. 9. Пример записи алгоритма вычисления Факториала числа N в блок-схемах (a) и в RR*-схемах(b,c).

Графическая запись имеет большие резервы по развитию в будущем. Для записи вершин, дуг и записей на них может использоваться цвет. Вершины и стрелки дуг могут иметь разную конфигурацию, дуги могут быть двойными, пунктирными, волнистыми и т. д.

Безошибочный и доказательный стиль программирования

Новая концепция проектирования основана на построении графической логической R-схемы исходной задачи в естественном языке, в терминах и словах формулировки постановки задачи. Для этого используется метод «step by step from logic». В процессе такого построения выявляются и уточняются все основные неточности в постановке задачи. В результате Логическая R-схема исходной задачи становится одинаково понятной исполнителю и заказчику и *утверждается* (*подписывается*) ими. Такая R-схема изначально может быть очень простой и недетерминированной. После этого построение проекта алгоритма и программы осуществляется формальными методами математического вывода в ГСП. Графическая среда ГСП следит и направляет человека таким образом, чтобы его формальные преобразования исключали из исходной логической R-схемы все неоднозначности понимания и превращали ее в язык *естественный для человека* (как правило, в R-графический язык элементарной математики) и далее на автомате без человека – в язык компьютера. В результате последовательность преобразований исходной R-схемы автоматически запоминается в ГСП и в дальнейшем станет формальным доказательством правильности программы и процесса ее разработки. Получаемая автоматически в ГСП документация отличается от

традиционной, так как сохраняет мотивацию (историю) принимаемых решений, более компактна, самодокументирована и содержит абстрактные R*-схемы, которые формально *оптимизируются* (преобразуются) в ГСП по различным критериям – времени, памяти и т.д. Так как язык ГСП графический, наглядный, компактный (не содержит 70-80% мусора существующих текстовых языков) и используется в основном в процессе математического вывода и во многом автоматически, то в нем резко сокращаются условия возникновления ошибок (описок) и поэтому в среде программистов он называется «безошибочным», а весь процесс, стиль такого программирования назван «доказательным» в отличие от программирования в традиционных текстовых языках.

Мнение независимых экспертов и первых пользователей.

1) Интересная, сильная полиглот-концепция программирования, которая проще существующей и может быть использована многими людьми. 2) Новый математический инструмент эффективный для анализа, синтеза и обучения программированию. 3) Увеличивает долголетие и эволюционное использование программ применительно к условиям их эксплуатации. 4) Повышенная защищенность от ошибок и высокая отлаженность готовых графических программ. 5) После двух недель рисования R-схем в новой среде программирования я решил задачу, которую без них не решил бы никогда**…** 6) Новая концепция – это полезный и прекрасный инструмент не только в программировании, но и ВЕЗДЕ, где надо найти решение любой логически сложной (запутанной) проблемы. По сравнению с известными Flow-chart, UML и др. R-схемы имеют заметные преимущества. Они выполнимы на компьютере на всем жизненном цикле любых работ, более наглядны, компактны и не загромождены лишними деталями (фигурами). Подходят для визуализации нелинейных алгоритмов (например, классов в C++) или структур данных. Поэтому мне совершенно не понятно, почему этот инструмент не пользуется *бешеной* популярностью. 7) Шикарная система, которая позволила мне, не будучи программистом, использовать её для составления различных диаграмм и решения технологических, управленческих задач. Всё интуитивно понятно и просто в использовании. 8) Я в восторге от использования R-схем для преподавания на третьем курсе спецкурса по "Элементам структурной технологии программирования". Неожиданно даже для себя убедился в замечательной возможности R-схем для хранения больших объемов структурных данных.

Заключение

В результате реализации ГСП прежде всего было установлено, что транслятор графических R-схем *гораздо проще* и *меньше* (ориентиро-

вочно в 30 раз), чем транслятор существующих языков программирования и в перспективе имеет *более простую и эффективную* инфраструктуру организации вычислений на компьютере. Получаемые в результате компьютерные программы более эффективны по времени выполнения и занимаемой памяти.

Таким образом, предлагается некоторая новая математическая концепция (культура) программирования, интересная своими преимуществами: простотой, наглядностью, компактностью и возможностью перехода на нее **для всех**, а не только для программистов. Эта культура позволяет включить в программирование доказательный и безошибочный стиль работы, развитые и отработанные веками математические методы анализа и синтеза. Учитывая необыкновенную (на 1-2 порядка большую) компактность записи программ и простоту быстрого ввода информации особенно через использование сенсорных экранов, новая концепция имеет большие перспективы эффективного применения и в малых компьютерных формах (планшетах, Айфонах) массового применения.

Новые предложения из-за своей простоты и наглядности особенно эффективны для начального обучения программированию. Поэтому они могут быть включены в систему обязательного образования любых специалистов. Программировать должны уметь **ВСЕ**, оно должно стать элементом всеобщей грамотности и культуры общества. Для профессионального программирования эффект от применения новых предложений тем больше, чем логически сложнее и запутаннее решаемая задача.

Известно, что в мозгу человека главную роль играют ***связи*** между нейронами и областями мозга. Аналогичную роль в R-схемах играют ***дуги*** между вершинами. Число дуг, их направление, 3D-ориентация между различными вершинами и R-схемами не имеют ограничений. Вершина может запоминать число обращений к ней и иметь порог чувствительности в своей работе, как клетка мозга. Просматривается возможность автоматической генерации программ по записи данных в той же концепции. Ничего подобного нет в современном программировании. В целом новая концепция проще всех известных и *ликвидирует проблему сложности* современного программирования. Она достаточно обоснована для новых эффективных применений и открывает интересную эпоху перспективного развития компьютерного дела, включая реализацию новой гибкой, архитектуры аппаратуры компьтеров, которая напрямую управляется выполняемой программой. Это позволит по-новому решать проблемы искусственного интеллекта, кибербезопасности, больших данных и суперсложных программ нового поколения.

Литература

[1] В.М.Глушков, И.В.Вельбицкий, «Технология программирования и проблемы ее автоматизации», УСИМ, №6, с. 75-93, 1976.

[2] И.В.Вельбицкий, «Технология программирования». Украина, 279с, 1984.

[3] "СЕРГЕЕВ В.Г. – Главный конструктор систем управления ракет и космических комплексов", Украина, Харьков, 448 с., 2014.

[4] I.V.Velbitskiy, «Graphical Programming and Program Correctness Proof», IEEE: 10.1109/ CSIT-13.6710368 pp.85-89, 2013.

[5] I.Velbitsky Programming without Programming Languages (New Graphic Poliglot Concept). **Application and Theory of Computer Technology**, v.2, n.2, pp. 26-41, 2017.
United Kingdom, http://www.archyworld.com/journals/index.php/atct

[6] A.N. Valvachev, «Programming in Delphi», 2005, http://www.rsdn.ru/article/Delphi/

УДК 004.652.8

Система підтримки опублікування і споживання веб-даних

Вішталь Д.М, к.т.н., Васильєв В.І., Любашенко Н.Д.
НТУУ "КПІ імені Ігоря Сікорського", м. Київ, ndp1992@bigmir.net

В роботі досліджено сучасний стан проблеми по створенню єдиного веб простору даних. Обґрунтовується доцільність розробки системи підтримки процесу публікації і споживання даних у Всесвітній павутині (WWW). Теоретичною і практичною основою створення системи є стандарти технологій Semantic Web і Linked Data.

Вступ

Для створення веб простору даних як розширення веб простору документів розроблено технології Semantic Web (Семантична павутина) і Linked Open Data (LOD, Зв'язані відкриті дані). Цей напрям розвитку мережі Інтернет просувається Консорціумом Всесвітньої павутини W3C (World Wide Web Consortium) [1].

Linked Data – це механізм інтеграції і управління інформацією з метою отримання найповнішої користі від відкритих даних в глобальному веб-просторі, в якому структуровані дані є читабельними як для людей, так і для комп'ютерів. Дві однаково важливі дії є базовими в Linked Data: опублікування даних та споживання даних. При цьому забезпечується найширший доступ до даних, коли будь-який користувач (людина, комп'ютер) може виявити дані, отримати доступ до них, обробити їх і використовувати знову і знову [1,3].

При реалізації цього підходу практична цінність даних, зокрема, можливість отримання нових знань там, де вони навіть не були передбачуваними, безмежно зростає.

В даній роботі було проведено аналіз існуючих практичних і теоретичних досягнень в області вказаних технологій. Виявилось, що опубліковані результати мають рівень практичної реалізації в світовому масштабі [3]. Значна кількість відкритого програмного забезпечення для публікації і споживання відкритих даних розроблена до рівня промислового застосування. Цей інструментарій застосовано в реальних проектах. Наприклад, деякі світові бібліотеки приєдналися до цієї ініціативи; інший сектор поширення семантичної моделі – відкриті дані урядів окремих держав (США [6], Велика Британія).

Проблема полягає в тому, що для подальшого розвитку мережі даних потрібно заохочувати існуючих і залучати нових користувачів (окремих людей, організації, бізнес-структури, тощо). Проте навіть при бажанні у людей виникають закономірні труднощі: освоєння нової парадигми роботи з даними вимагає певних ресурсів часу, грошей, технічної бази. Зокрема, користувач – початківець може "загубитися" у веб просторі, оскільки дана тематика супроводжується великою кількістю веб документів, які містяться на різноманітних сайтах і об'єднані традиційними гіперпосиланнями.

В даній роботі як один з варіантів вирішення цієї проблеми пропонується розробка системи підтримки процесу розміщення даних у Всесвітній павутині і їх подальшого використання.

На даний момент розроблено архітектуру системи. Обгрунтовано необхідність виокремлення підсистем для забезпечення ефективної обробки запитів.

Оскільки наукові-практичні роботи по наповненню Семантичної павутини тривають, подальші дослідження авторів спрямовано на способи їх виявлення і застосування, щоб забезпечити актуальність розроблюваної системи. Також першочерговою задачею є завершення розробки RDF моделі запропонованої системи.

Модель веб даних

Терміном Linked Data визначено підхід до публікації даних в мережі, в основі якого є зв'язування даних через посилання, аналогічні гіперпосиланням в мережі веб документів, і який використовує веб технології, що дозволяють "вплести" глобальну розподілену базу даних в існуючу всесвітню павутину (WWW). Підхід базується на 4-х принципах [1,7]:

1. Для ідентифікації сутностей застосовувати URI (Uniform Resource Identifier) як посилання.
2. Застосовувати HTTP URI, щоб можна було переглядати інформацію за цим посиланням.
3. Коли хтось звертається за URI посиланням, забезпечити корисну інформацію, опубліковану за стандартами.
4. Додати посилання на інші URI, щоб користувач зміг виявити більше сутностей та відношень між ними.

Під реалізацію цих принципів Консорціум W3C затвердив стандартну модель даних RDF (Resource Description Framework) (рис. 1). Модель дозволяє подати інформацію про ресурси будь-якої природи (документ, людина, фізичне явище, матеріальний об'єкт, абстрактне поняття).

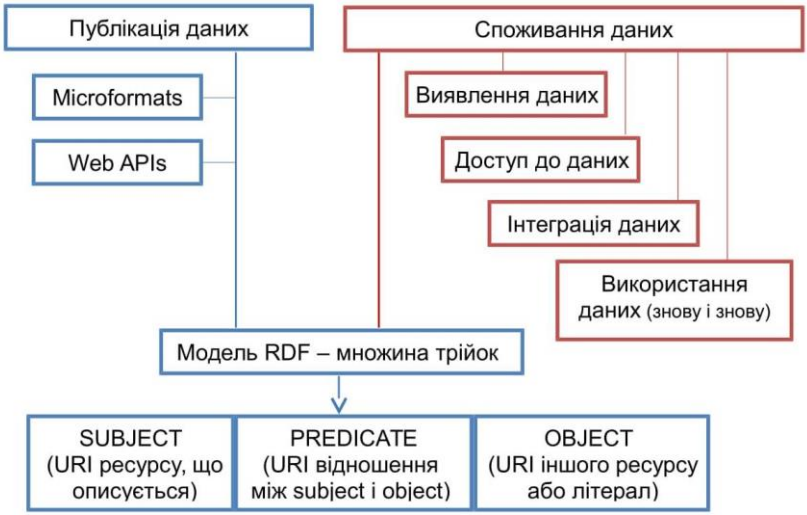

Рис. 1. RDF модель як основа роботи з веб даними

Система підтримки опублікування і споживання веб даних

За останні роки суттєво зріс об'єм семантичних веб даних і, відповідно, зросла зросла кількість платформ, порталів, інтернет-сервісів і прикладних застосувань на базі семантичних технологій (RDFa, Turtle, RDF Schema, OWL, SPARQL, Dbpedia, Virtuoso, BBCMusic, інші) [2,5,6,7]. Спільна мета, яка об'єднує ці розробки – створення єдиної глобальної бази даних. Насиченість цієї сфери діяльності, з одного боку, свідчить про актуальність і затребуваність подібних розробок, а, з іншого, може бути гальмом подальшого розвитку, оскільки нформація по темі і весь інструментарій містяться на різних сайтах у різноманітних формах і форматах.

Автори пропонують системний підхід до збереження і просування ідеї веб простору даних, а саме, створення системи підтримки опублікування і споживання даних (рис. 2). При цьому ці останні дії розглядаються як технологічний процес у віртуальному світі, який має підтримуватись, як будь-який технологічний процес в реальному світі.

Варіантом реалізації є створення порталу, який забезпечить вхід і обслуговування різних категорій користувачів, серед яких:

- особи - власники даних, які надають дані для відкритого доступу,

- особи - публікатори різного рівня підготовки, які безпосередньо займаються опублікуванням даних в мережі,
- особи - системні і прикладні програмісти,
- особи - будь-які споживачі даних.

Наявність єдиної точки входу є особливо корисною для початківців.

Система забезпечить цілеспрямоване просування користувача в мережі в залежності від його потреб. Приклади цілей: ознайомлення з парадигмою обробки веб даних, моделлю веб даних і її серіалізаціями; використання існуючих застосувань; ознайомлення з окремими елементами технологічного процесу публікації чи споживання даних; конкретне опублікування конкретних даних; розробка системної чи прикладної програми.

Ціль визначатиме подальший пошук в мережі. За своєю суттю це буде метапошук, який спиратиметься на результати пошуку уже існуючих загальносистемних застосувань Linked Data.

Назва підсистеми	Структура підсистеми	
Підсистема підтримки публікації веб-даних	Розробка RDF моделі ресурсу	
	Вибір формату подання (серіалізації) RDF моделі	
	Опис ресурсу в обраному форматі	
	Додавання семантики	Формування метаданих
		Вибір словників, онтологій
	Шаблони публікації даних	
	Синтаксичний аналіз отриманої моделі	
Підсистема підтримки споживання веб-даних	Пошук даних у веб-просторі людиною	
	Візуалізація даних	
	Пошук даних у веб-просторі компьютером	
	Мова запитів SPARQL	
	Розробка нових системних і прикладних застосувань	
Підсистема підтримки часових даних	Публікація і споживання статичних даних	
	Споживання даних в реальному часі	
HTTP платформа для веб даних (клієнт-серверне забезпечення)	Множина правил для http-операцій над веб ресурсами для забезпечення читання-запису веб даних	

Рис. 2. Укрупнена схема системи підтримки роботи з веб даними

Дуже важливою перевагою запропонованої системи є наступне. Шукані ресурси зберігаються в мережі. Дані про них опубліковані у форматі Linked Data. Отже, їх виявлення є справою часу. Крім того, постійно з'являються нові версії ресурсів, а також нові ресурси по темі пошуку. Так от: система забезпечить знаходження всіх доступних на момент запиту даних

і доступ до них, чи це буде нова теорія, чи новий програмний додаток, чи нова версія браузера. Отже, користувач може бути впевнений, що вся необхідна для роботи інформація знаходиться у нього під рукою. Крім того, поява нових пошукових результатів вплине на автоматизований розвиток самої системи, змінюватиме її конфігурацію.

Отже, за функціональним наповненням і орієнтацією на будь-якого користувача систему можна використати і як інформаційно-довідкову, і як навчальну для систематичного навчання по цій темі, і як технологічну підтримку для реалізації проектів публікації, споживання відкритих даних.

За результатами досліджень міжнародної відкритої організації DCMI (The Dublin Core Metadata Initiative) [4] існує 4 рівні сумісності та взаємодії програм, які використовують метадані про ресурси на WWW.

Зокрема, рівень 2 (сумісність за формальною семантикою) зараз розвивається найбільшими темпами. Як результат, змінився ідейний напрям діяльності DCMI з "Розробка простих метаданих для виявлення інформаційного ресурсу" на "Структуровані дані для оптимізації пошуку".

Рівень 2 базується на формальній моделі RDF. Саме на цей рівень зорієнтована наша система. Реалізувавши по технології Linked Data публікацію метаданих по нашій системі, можна гарантувати її "видимість" в глобальній мережі і, відповідно, можливу застосовуваність при публікації або споживанні даних.

В процесі аналізу існуючих інструментів автори також виявили проблему подання і застосування категорії часу. Проблема полягає в можливій неефективності пошуку даних, пов'язаних з часом. Для її розв'язання пропонується приділити особливу увагу таким даним і метаданим іще на етапі опублікування. Тому запропоновано виокремити підсистему роботи з часовими даними (рис. 2).

Структура і функції такої підсистеми передбачають: - автоматичне формування підтримки часу для відповідних елементів моделі RDF з підключенням таймеру, - підтримка часових властивостей характеристик як опції, - виведення окремих даних типу date/time в метадані з метою оптимізації пошуку за відповідними запитами.

Хоча мова йшла про відкриті дані, насправді користь від застосування системи може бути також і для організацій, яким потрібно здійснювати інтеграцію і аналіз даних як з відкритим, так і з обмеженим доступом.

Висновки

Якщо при публікації веб даних будуть витримуватись стандарти подання, тоді при споживанні цих даних користувач зможе отримати максимальний ефект у вигляді отримання потрібної інформації, нових знань, закономірностей тощо. Отже, актуальною є задача розробки системи підтримки процесу опублікування і споживання даних у Всесвітній павутині.

Використання системи сприятиме розвитку мережі веб даних, як розширення мережі веб документів.

Подальша робота полягає в завершенні створення RDF моделі розробленої системи і опублікуванні відповідних даних у середовищі Linked Data для того, щоб дані про систему "вплелися" у світову мережу веб-даних і стали доступними і використовуваними.

Литература

1. World Wide Web Consortium https://www.w3.org/
2. Bob DuCharme Learning SPARQL. Querying and Updating with SPARQL 1.1 / Bob DuCharme . — O'Reilly Media, 2013. — 386 p.
3. Data on the Web Best Practices. W3C Recommendation 31 January 2017.
4. http://dublincore.org/metadata-basics/
5. Florian Bauer Linked Open Data:The Essentials / Florian Bauer, Martin Kaltenböck. — Edition mono/monochrom, Vienna, Austria, 2012. — 62 p.
6. The home of the U.S. Government's open data https://www.data.gov/
7. Tom Heath Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space. Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology / Tom Heath, Christian Bizer. — Morgan @ Claypool, 2011. — 136 p.

УДК 004.7(045)

Прогнозування трафіку на основі дослідження його самоподібних властивостей

Воротніков В. В., к.т.н., доц.,
Гуменюк І. В.,
ЖВІ ім. С.П. Корольова, м. Житомир, ig_gut@ukr.net

В даній роботі наведено методику оцінювання фрактальних властивостей мультисервісного трафіку з можливістю прогнозування його основних характеристик в реальному масштабі часу на основі отриманих результатів. Показано, що за допомогою даної методики можливо підвищити надійність і ефективність роботи мережі.

Вступ

Забезпечення стійкого управління і обміну інформацією між елементами складних рознесених систем на теперішний час являються найбільш актуальними завданнями. Численні дослідження процесів в мультисервісних мережах показали, що статистичні характеристики трафіку мають властивість тимчасової фрактальності (самоподібності). Однак до теперішнього часу немає повної фізичної моделі самоподібного трафіку і аналізу причин його виникнення [1].

Питанням моделювання та дослідження самоподібного (фрактального) трафіку присвячено велика кількість наукових робіт. Результати цих досліджень дозволяють визначати ряд важливих характеристик трафіку телекомунікаційних мереж, однак, для більшості моделей, запропонованих даних роботах, існує спільний істотний – значний час для отримання і обробки інформації про трафік, тоді як завдання, що вирішуються багатьма складними системами вимагають проводити управління трафіком в режимі реального часу, що є актуальним науковим завданням.

Метою роботи є розробка методики оцінювання фрактальних властивостей телекомунікаційного трафіку та прогнозування його основних характеристик в реальному масштабі часу з урахуванням його фрактального характеру.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Будь-який процес є фрактальним, якщо у нього дробова розмірність. При дослідженні хаотичних процесів, таких як, наприклад поведінка телекомунікаційного трафіку може бути використано показник Херста, що дозволяє визначити хаотичність або стохастичність аналізованого процесу. У класичному виді цей показник може бути отриманий із співвідношення

$$\frac{R}{S} = (\alpha \cdot N)^{\mathrm{H}}, \tag{1}$$

де R – максимальний розмах досліджуваної величини;

S – її середньоквадратичне відхилення;

N – час спостережень (чи об'єм вибірки),

α – деяка постійна;

H – показник Херста.

Аналізуючи (1) можна сказати, що це форма представлення різних сигналів, у тому числі і параметрів трафіку телекомунікаційної мережі на фрактальній площині, утвореній логарифмічними координатними осями, а показник Херста H визначає нахил апроксимуючої прямої фрактальної лінії до осі абсцис [2].

При цьому залежно від значень показника Херста, можна говорити про існування персистентних (зберігають наявну тенденцію $\mathrm{H} > 0{,}5$) і антиперсистентних процесів ($\mathrm{H} < 0{,}5$). При $\mathrm{H} = 0{,}5$ мають місце процеси, в яких тренд відсутній. Таким чином, розраховуючи показник Херста телекомунікаційного трафіку в процесі функціонування мережі, можна провести прогнозування необхідних параметрів мережі.

Під $\left\{X^{(m)}\right\}$ введемо усереднення X по блоками довжини m:

$$X_k^{(m)} = \frac{1}{m} \sum_{i=km-m+1}^{km} X_i, \tag{2}$$

При усередненні самоподібного процесу дисперсія його вибіркового середнього загасає повільніше, ніж величина, що обернена розміру вибірки, у той час, як для традиційних стаціонарних випадкових процесів має місце таке:

$$\sigma^2\left(X^{(m)}\right) = \frac{1}{m}\sigma^2(X), \tag{3}$$

тобто дисперсія зменшується обернено-пропорційно обсягу вибірки. Під час моделюванні мережевого трафіку значення $\left\{X_k\right\}$ інтерпретуються як число пакетів, що надійшли в канал або мережу протягом k-го інтервалу

часу, вихідний процес при цьому є усередненим. У деяких випадках при необхідності уникнення такого усереднення розглядається точковий процес або послідовність моментів надходження одиничних пакетів в мережу.

Властивість повільно спадної дисперсії говорить про можливість істотних, що не згладжується усередненням, викидів у випадковому процесі і пов'язує самоподобність з таким поняттям, як розподіл з вагомими хвостами. Важливим наслідком властивості повільно затухаючої дисперсії являється те, що в разі класичних статистичних тестів загальноприйнята міра середнє відхилення σ є помилковою [3].

Показник Херста визначає ступінь самоподібності процесу. Чим ближче значення показника Херста до одиниці, тим вище ступінь стійкості довгостроковій залежності (більш яскраво проявляються фрактальні властивості). Показник Херста ($0{,}5 < \mathrm{H} \le 1$) визначає ступінь самоподібності процесу. Тенденція його зміни може бути спрогнозований.

Навпаки, рівність $\mathrm{H} = 0{,}5$ свідчить про відсутність самоподібності і на відсутність довгострокової залежності. Кореляція між подіями відсутня. Процес є випадковим, а не фрактальним.

Процес $X(t)$ є строго самоподібним, з коефіцієнтом Херста H, якщо виконується умова:

$$r_m(k) = r(k); m \in \{2,3,...\}. \tag{4}$$

Звідси випливає, що самоподібний процес не змінює свій коефіцієнт кореляції після усереднення по блокам. Іншими словами процес $X^{(m)}$ не відрізняється від процесу $X(t)$, як мінімум щодо статистичних характеристик другого порядку. Існують також і асимптотично самоподібні процеси, головна властивість яких полягає в тому, що при $m \to \infty$, процес сходиться до строго самоподібного:

$$r_m(k) \to r(k); m \to \infty . \tag{5}$$

Для асимптотично самоподібних процесів кореляційна функція має вигляд $R(k) = k^{2\mathrm{H}-2} L(t)$ при $k \to \infty$, де $L(t)$ - повільно мінлива функція на нескінченності. Самоподібний процес $X(t)$ являється асимптотично самоподібним процесом в широкому сенсі з показником Херста $0{,}5 < \mathrm{H} \le 1$, якщо:

$$\lim_{m\to\infty} R^m(k) = \frac{\sigma^2}{2}\left((k+1)^{2\mathrm{H}} - 2k^{2\mathrm{H}} + (k-1)^{2\mathrm{H}}\right), \tag{6}$$

Вираз (6) припускає, що $R(k) = R^m(k)$ для усіх $m > 1$, тобто самоподібність зберігається і при агрегуванні вихідного процесу [4]. Наявність самоподібності можна визначити також за наступними ознаками:

Гіперболічно затухаюча автокореляційна функція (АКФ) несумована і розходиться, для неї справедливе вираження $\sum_k R(k) = \infty$.

Розрахунок коефіцієнту кореляції здійснюється за виразом:

$$r(k) = \frac{\sum_{t=1}^{N-k}\left(X_i^{(m)} - \overline{X^{(m)}}\right)\cdot\left(X_{i+k}^{(m)} - \overline{X^{(m)}}\right)}{(N-k)\cdot\sigma^{(m)2}}, \qquad (7)$$

де N – загальне число елементів послідовності процесу X_t;

$\overline{X}$ – вибіркове середнє послідовності X_t.

Через коефіцієнт кореляції можуть бути розраховані періодичні складові послідовності процесу. Періодична складова для будь-якого лагу k може бути видалена шляхом різниці відповідного порядку, тобто з кожного i-го елементу послідовності віднімається ($i-k$)-й елемент. Таке перетворення може виявитися корисним:

- з'являється можливість визначення періодичних складових послідовності процесу і їх виключення, яке робить деякі інші сезонні складові помітнішими.

- видалення періодичних складових робить процес стаціонарним, що необхідно при застосування деяких методів аналізу [5].

Дисперсія самоподібного процесу убуває повільніше за величину, обернено-пропорційну вибірці: $\sigma^2\left(X^{(m)}\right) = m^{2\cdot H-2}$ при $m \to \infty$.

Узагальнюючи методи аналізу статистичних характеристик мережевого трафіку, можна сформувати методику оцінювання самоподібних властивостей мультисервісного трафіку, що полягає у виконанні наступних дій:

1. Агрегування послідовності $\left\{X^{(m)}\right\}$ по блоками довжини m.

2. Розрахунок коефіцієнтів кореляції $r(k)$, $r_m(k)$ і побудова нормованої АКФ початкової, агрегованої трафікових послідовностей відповідно.

3. Розрахунок та оцінка показника Херста початкової і агрегованої трафікових послідовностей.

4. Порівняння нормованих теоретичної АКФ і АКФ розрахованої за вибіркою для початкової і агрегованої послідовності трафіку.

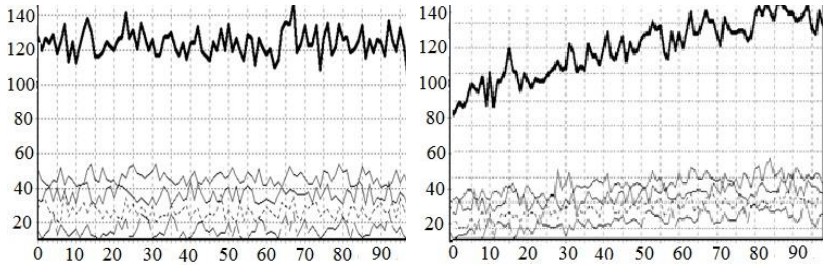

Рис. 1. Мультисервісний трафік, розподілений за нормальним законом з математичним очікуванням: а) $m = const$; б) $m = f(t)$

Для вхідного трафіка (рис. 1), використовуючи метод нормованого розмаху, а також вираз (6) для вхідного потоку, розраховано наступні значення показника Херста (суцільна лінія) і коефіцієнтів кореляції (пунктирна лінія), які представлені на рис. 2.

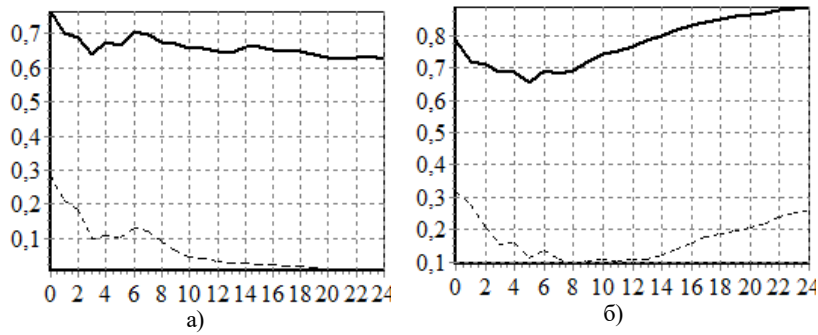

Рис. 2. Значення показника Херста і АКФ мультисервісного трафіку з математичним очікуванням: а) $m = const$; б) $m = f(t)$

Характер отриманих результатів та нормованої АКФ (рис. 2) вказує на наявність фрактальних властивостей трафіка, причому значення коефіцієнту кореляції теоретичної кореляційної функції має пряму залежність від значення показника Херста (зі збільшенням значення H зростає і значення коефіцієнта кореляції при однакових лагах.

Висновки

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій важливій увазі приділяють моделювання трафіку. Для процесів передачі даних пакетним трафіком, характерно виявлена на практиці властивість масштабної інваріантності статистичних характеристик, пов'язана з особливим класом фізичних процесів - фрактальними процесами. У зв'язку з цією особливістю мережевих процесів особливу актуальність придбаває розробка конструктивних методів дослідження фрактальності і облік її при передачі пакетного трафіку. Це дозволить збалансувати навантаження на маршрутизатори, комутатори і канали зв'язку та, таким чином, підвищити надійність і ефективність роботи мережі.

Література

1. Столингс В. Современные компьютерные сети / В. Столингс. — СПб. : Питер, 2003. — 783 с.
2. Кириллов Д. С. Распределения показателя Херста нестационарного маркированного временного ряда / Д.С. Кириллов // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. — 2013. — №11. — 16 с.
3. Моргайлов Д. Д. Моделирование самоподобного входного трафика сетевых процессоров в системе NS-2 / Д. Д. Моргайлов, Ю. В. Ладыженский // Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг / Материалы III международной научно-технической конференции – 17-18 апреля 2012. — Донецк. : ДонНТУ. — 2012. — С. 826–832.
4. Pracasa Rao B.L.S. Statistical Inference for Fractional Diffusion Processes. — Wiley, NY, 2010.
5. Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation. / Ed. by K. Park and W. Willinger. New York: Wiley, 2000.

УДК 004.827

Работа с объектами, описанными с помощью временных характеристик, в условиях неопределенности

Городничая Е.А., д.т.н., проф., Крисилов В.А.
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса,
Katherine.gorodnichaya@ukr.net

В данной работе описываются типы объектов и виды временных характеристик для формализации операций сравнения на временных характеристиках. Кроме того, формализованы операция сравнения, упорядочивания, поиска и группирования объектов, которые описаны с помощью временных характеристик.

Введение

Во всей без исключения информации, которой пользуется человек, присутствуют объекты, которые описаны с помощью временных характеристик, будь то документы, базы данных, договоренность о встрече, обсуждение проблем или задач на определенный промежуток времени.

Спецификой объектов, которые описаны с помощью временных характеристик, является то, что они могут быть описаны как на количественных, так и на качественных шкалах, а также могут отличаться масштабами, на которых представлена временная характеристика [1-5]. Из-за такого описания временных характеристик, затрудняется или делается невозможным поиск, упорядочивание, группирование и сравнение объектов по временным характеристикам.

Целью данной работы является описание объектов, которые описаны с помощью временных характеристик в условиях неопределенности, а также формализация операций над такими объектами.

Формализация описания временных характеристик объектов в условиях неопределенности

Будем различать следующие типы объектов, содержащих в своем описании временные характеристики: событие и процесс.

Определение. Событием будем называть объект, который в условиях данной задачи не содержит в своем описании других событий, т.е. не декомпозируется на шаги либо этапы.

Определение. Процессом будем называть объект, который содержит в своем описании последовательность событий.

К видам описания временных характеристик объектов будем относить интервал с нечеткими границами, интервал с детерминированными границами, точечное значение.

Событие может быть описано в виде:

- точечного значения, в случае описания «четкого» события, либо в случае уменьшения масштаба временных характеристик «нечеткого» события;
- «четкого» событийного интервала, в случае, когда увеличивается масштаб временных характеристик «четкого» события;
- «нечеткого» событийного интервала, в случае описания «нечеткого» события.

Процесс может быть описан в виде:

- интервала с нечеткими границами, в случае, когда лишь приблизительно известно время начала и окончания процесса, или в случае, когда при описании процесса известна интенсивность его происхождения;
- интервала с детерминированными границами, в случае, когда точно известно время начала и окончания процесса;
- точечного значения, в некоторых случаях уменьшения масштаба временных характеристик процесса.

Формализация операций над временных характеристик объектов, описанных в условиях неопределенности

Спецификой временных характеристик объектов является то, что операции отличаться, в зависимости от:

- типа шкал, на которых описаны временные характеристики объекта: количественные, качественные шкалы [3];
- масштаба временных характеристик объекта, на котором они описаны: день, месяц, год и т.д. [3];
- типа временного объекта: событие, процесс, либо запрос к базе данных на основании временных характеристик [4, 5];
- видов описания временной характеристики объекта — условий, в которых были описаны временные характеристики объектов: неопределенность, определенность.

Определение. Хронооперацией будем называть любую операцию, исходными данными которой являются временные характеристики объектов,

представленные на количественных либо качественных шкалах, а результатом которой является установление отношения, проведение поиска, упорядочивания или группирование заданных объектов.

Операций сравнения временных характеристик объектов

В случаях сравнения временных характеристик объектов, которые имеют различный масштаб, либо описаны на различных шкалах [1, 2, 3], использование обычных операций дает неточные результаты. Кроме того, важно какой тип объекта сравнивается: событие или процесс [3, 4, 5, 6].

Хронооперация сравнения «позже» (>), в случае полного соответствия – операция, которая описывает случай, когда один из сравниваемых объектов произошел позже.

Хронооперации сравнения «позже», в случае частичного соответствия расширяется на следующие операции:

1. «Раннее окончание» (?<) – операция, которая применяется, когда необходимо описать какой из объектов закончилась раньше.

2. «Позднее окончание» (?>) – операция, которая показывает какой из объектов закончилась позже.

Хронооперация сравнения «раньше», в случае полного соответствия имеет один результат: «Раньше» – операция, которая описывает случай, когда один из сравниваемых объектов произошел раньше.

Хронооперации сравнения «раньше», в случае частичного соответствия расширяется на следующие операции:

1. «Раннее начало» (<?) – операция, которая показывает какой из объектов начался раньше.

2. «Позднее начало» (>?) – операция, которая показывает какой из объектов начался позже.

«Разное время» (≠) описывает случай, когда временные характеристики объектов не совпадают друг с другом ни по одной из заданных временных характеристик, т.е. у сравниваемых объектов нет ни одной общей точки.

Хронооперация «Одновременно» (=) в случае полного соответствия описывает случай, когда сравниваемые временные характеристики объектов занимают одинаковый промежуток времени. Т.е., когда события/процессы даже в условиях неопределенности совпадают полностью.

Хронооперация сравнения «одновременно», в случае частичного соответствия расширяется на следующие операции: одновременное начало, одновременное окончание, частичное перекрытие, поглощение, вхождение.

Комплексные операций над временными характеристиками объектов

К комплексным операциям над временными характеристиками объектов будем относить упорядочивание, поиск и группирование [7].

Под операцией упорядочивания будем понимать операцию, исходными данными которой является некоторое множество объектов, для описания которых используются временные характеристики, результатом операции является упорядоченное множество данных объектов, для получения результата операции могут быть использованы все отношения операции сравнения.

Последовательность действий при проведении хронооперации упорядочивания:

1. Анализ соизмеримости шкал, на которых представлены временные характеристики объектов, и преобразование шкал объектов, если это необходимо.
2. Анализ и преобразование лингвистических переменных, которыми описаны временные характеристики объектов, если это необходимо.
3. Использование хронооперaций сравнения.
4. Упорядочивание временных объектов, на основании результата сравнения.

Определение. Под операцией поиска будем понимать операцию, исходными данными которой является некоторое множество объектов, для описания которых используются временные характеристики, результатом операции является множество соответствующих запросу объектов, для получения результата операции могут быть использованы все отношения операции сравнения.

Последовательность действий при проведении хронооперации поиска:

1. Анализ соизмеримости шкал, на которых представлены временные характеристики объектов, и преобразование шкалы запроса, если это необходимо.
2. Анализ и преобразование масштаба временных характеристик запроса, если это необходимо.
3. Поиск. Использование хронооперaций сравнения.
4. Упорядочивание объектов, если это необходимо.

Определение. Под операцией группирования будем понимать операцию, исходными данными которой является некоторое множество объектов, для описания которых используются временные характеристики, и запрос, по которому необходимо отобрать объекты из заданного множества, результатом операции является множество объектов, соответствующих заданному условию, для получения результата операции необходим результат «true» для операции «одновременно».

Последовательность действий при проведении хронооперации группирования:

1. Анализ соизмеримости шкал, на которых представлены временные характеристики объектов, и преобразование шкалы запроса, если это необходимо. Соответствует действию при операции поиска.

2. Анализ и преобразование лингвистических переменных, которыми описаны временные характеристики объектов. Соответствует действию при операции поиска.

3. Группирование. При группировании объектов, все объекты из базы данных сравниваются с запросом, и в случае, когда объект удовлетворяет требованиям запроса, он относится к определенной группе.

Упорядочивание объектов, описанных с помощью временных характеристик

В результате запроса может быть найдено большое количество релевантных объектов, которые могут соответствовать запросу как полностью, так и частично. При формировании запроса могут быть выставлены следующие параметры точности соответствия: «полное соответствие», «частичное соответствие», «разное время».

В случае, когда заранее известно, что запрос слишком неточный, можно выбрать дополнительные граничные значения:

1. Количество найденных объектов. В этом случае, будут представлены и упорядочены не больше указанного числа объектов

2. Неопределенность результата запроса. В этом случае, будут представлены и упорядочены только объекты, неопределенность результата запроса которых не меньше указанной.

Упорядочивания объектов происходит по следующей схеме:

1. Определение точности соответствия запроса результату и дополнительные граничные значения, выставленные пользователем.

2. Получение списка найденных объектов, в который входят только релевантные объекты, данный список формируется с помощью операции поиска [8].

3. Объекты, вошедшие в список найденных объектов, разбиваются на группы: объекты, которые полностью соответствуют запросу, объекты, которые соответствуют запросу частично, объекты, которые не соответствуют запросу [8].

Высший приоритет имеют объекты, которые полностью соответствуют запросу: между собой объекты сортируются по алфавиту.

Затем сортируются объекты, которые соответствуют запросу частично. Между собой объекты сортируются по неопределенности найденного объекта.

Неопределенность найденного объекта будет вычисляться по следующей формуле:

$$U_{qr} = \frac{P_{NE}}{P_R} 100\%, \quad (1)$$

где U_{qr} – неопределенность результата запроса, P_{NE} – площадь части результата, который не входит в запрос, P_R – площадь результата запроса.

В случае, если несколько найденных объектов имеют одинаковую неопределенность, то первым в упорядоченном списке будет находиться объект, релевантность которого больше [8].

$$P = \frac{S_I}{S_{NI}}, \quad (2)$$

где P – релевантность; S_I – площадь пересечения объекта и запроса; S_{NI} – площадь области, в которой объект и запрос не пересекаются, и которая находится между объектом и запросом.

В последнюю очередь сортируются объекты, которые не соответствуют запросу: между собой эти объекты будут отсортированы с помощью «степени несоответствия найденного объекта запросу» [8].

$$DR = \frac{(|b_i - c_j| + |a_i - d_j|)}{2}, \quad (3)$$

где DR – степень несоответствия найденного объекта запросу. i – коэффициент, который указывает, что временные характеристики принадлежат нечеткой переменной запроса; j – коэффициент, который указывает, что временные характеристики принадлежат нечеткой переменной объекта; a_i, b_i, c_i, d_i – параметры нечеткой переменной запроса, для которых выполняется условие $a_i \leq b_i \leq c_i \leq d_i$. a_j, b_j, c_j, d_j – параметры нечеткой переменной объекта, для которых выполняется условие $a_j \leq b_j \leq c_j \leq d_j$.

4. Происходит сортировка групп, в зависимости от их приоритета [11]: в первую очередь представляются объекты, вошедшие в группу «полное соответствие», затем объекты группы «частичное соответствие», в последнюю очередь представляются объекты группы «не соответствующие запросу».

5. Происходит сортировка в каждой группе.

Выводы

В данной работе были описаны временных характеристики объектов, для формализации операций над ними, т.к. из-за специфического описания невозможно использовать обычные операции над ними. Также в работе представлены операции, которые можно использовать на объектах, которые описаны с помощью временных характеристик, т.к. в случаях сравнения временных характеристик объектов, использование обычных операций дает неточные результаты.

Литература

1. Добронец, Б. С. Интервальная математика [Текст]/Б.С. Добронец – Красноярск: Издательство КГУ, 2004 – 216с.

2. Шарый, С. П. Конечномерный интервальный анализ [Текст]/С.П. Шарый – М.: Издательство «XYZ», 2007 – 607с.

3. Крисилов, В. А. Масштабы временных характеристик [Текст]/В.А. Крисилов, Е.А. Городничая – Д.: Ліра: Збірник наукових праць «Актуальні проблеми автоматизації та інфор-маційних технологій» Т.19, 2015 — С.15-23

4. Васильев, А. В. Модальная логика в исследовании значения видовременных форм [Текст]/А.В. Васильев – Уфа: Вестник башкир-ского университета Т. 13 №3, 2008. – С. 550-556.

5. Крисилов, В. А. Формализация описания и обработки временных характеристик объектов в условиях неопределенности [Текст]/В.А. Крисилов, Е.А. Городничая // International journal "Information content and processing" – 2016. – Volume 3, № 1. – С. 38-52.

6. Крисилов, В. А. Формализация операций сравнения в условиях неопределенности описания временных характеристик объектов [Текст]/В.А. Крисилов, Е.А. Городни-чая//Электротехнические и компьютерные си-стемы.– Т. 22 (99) – 2016.–С.251-259.

7. Krisilov, V. The formalization of complex operations on the temporal characteristics of objects under uncertainty[Text]/ Krisilov V., Gorodnichaya K.//Computer science &information technologies (CSIT’2016) – 2016. – С. 152-157.

8. Krisilov V.A., Gorodnichaya E.A. Methods of assessing the database queries’ results relevance. Odes’kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi. №1(45) – 2015 – С. 121-127.

UDC 519.251.72

Modeling of material and energy flows in the metropolitan areas using urban metabolism approaches

Gromova V.V, Kovalchuk-Kimuk L. The National Technical University of Ukraine Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine. felvit@voliacable.com, khl1956@gmail.com

A major challenge to urban sustainability research today is to understand the urban metabolic profile of cities and predict how cities with different socio-economic, demographic, and geographic characteristics interact with the natural environment in which they exist. Due to the high dense concentrations in cities it is necessary to understand the complexity of the urban socio-economic phenomena, different forms of resource consumption and energy intensities in cities.

Applied, Group Method of Data Handling approach to forecast material and energy consumption, economic growth and the relationship of the data to understand the territorial metabolism of a city through networks, economies and infrastructure.

Introduction

The density, complexity and materialism of cities within the past few years have endangered the environmental hinterland from becoming unbalanced due to rapid resource exchanges. As cities are metabolizing faster than they can reproduce and population demand swells. The aim of this study is to apply a diverse of mechanical dimensions of the Metropolitan City of Milan using mathematical modeling, forecasting techniques and urban metabolism approaches to analyze cities socioeconomic, demographic, material and energy flows. Understanding the processes that simulate the quantity and location of land use (forest, agriculture and urban) as well as urban boundary change across the globe.

Italy has a total of 8,092 municipalities. The Lombardy region is 19.08% of Italy with a total of 12 provinces (Bergamo, Brescia, Como, Cremona, Lecco, Lodi, Mantua, Milan, Monza and Brianza, Pavia, Sondrio and Varese) and 1,544 municipalities. As part of the Lombardy region the Metropolitan City of Milan (1.66% of Italy) is the largest province within the 20 regions of Italy.

Considered to be one of the most important economic center in the world the Metropolitan City of Milan is made up of 134 municipalities (see Figure 1) a total of 8.68% of the Lombardy region.

Predicting dependencies between cities: performance assement tools

Due to pressing and evident environmental challenges, there is a need to characterize, forecast and transform the current linear paradigm (classic black box theory) of urban economies turning natural resources to waste. In fact, due to high levels of urban resource consumption, cities are vulnerable due to their dependency on a global hinterland for natural resources and pollution assimilation.

This section aimed to define the most common similarities and differences between variables using the Pearson's linear correlation coeficient to measure the strenghts and weaknesses between dependent and independent variables

Tested the dependences on the characteristics of cities' indicators to indicate a predictive relationship: surface area, population, GDP, number of families, number of housing units, population density, carbon emissions, energy and waste per capita.

Table 1. Socioeconomic and Demographic Analysis

Name Type	Surface Area		Population		GDP Per Capita		Number of Families	
	P-val	Correlation	P-val	Correlation %	P-val	Correlation %	P-val	Correlation %
Surface Area (SA)	1.000		0.920		0.180		0.920	
Population	0.920		1.000		0.210		1.000	
GDP Per Capita	0.180		0.210		1.000		0.210	
Number of Families	0.920		1.000		0.210		1.000	
Number of Housing Units	0.920		1.000		0.210		1.000	
Population Density	0.190		0.400		0.050		0.380	
Waste per Capita	0.089		0.095		0.180		0.095	

The analysis demonstrated a weak correlation between surface area, population density and GDP per capita indicators. As a result, the size and density of a city does not correlate with the amount of monetary value a person is valued. The dependences and distribution between waste per capita and GDP per capita indicators corresponded to real life situations as high GDP per capita level translated to effective usage of resources and less carbon emission. Thus, the low GDP per capita level can be defined as less waste per capita. It can be

argued that people who have less product, interchange less. The increasing of waste per capita increase some saturation of level and then furthered decrease.

Cluster analysis based on socioeconomic and demographic data

The study employed a number of data mining mathematical software and algorithm techniques (Mathlab, STATISTICA and GMDH Shell DS). The analysis tested data to compute an index of predictive validity by dividing a large data set into a smaller data set with similar characteristics while applying mathematical algorithms. To design the most appropriate distance function measure 3 combined mathematical cluster evaluation method approaches were applied: k-means clustering (count of clusters found according to type of distance function measured), EM clustering algorithms, (number of clusters in the data) and Group Method of Data Handling (GMDH)and Neural Network (random sample clusters) algorithms as interactive processes to forecast, evaluate trends/patterns and to find interrelations in data to select an optimal structure of model/network and increase accuracy while minimizing the influence on the results of modeling (identified the core sets of members for each cluster).

Figure 1. Metropolitan of Milan cluster analysis: (a) 93 classified core cities cluster model and (b) 41 undefined classified cities model

The build model was based on the cluster core cities (Stage 1) used to define “white cities” and GMDH neural network applications to sort out the different possible solutions and interrelations in data to select an optimal structure model and increase the accuracy.

Create Model (Stage 2)

1. 20% of initial data was used to verify set
2. 80% of the data classified 93 core cities using GMDH neural network building
3. A network of cluster numbers (actual class) and predicted classes were calculated
4. Calculation results demonstrated a 97% accuracy for each class obtained including all members of each cluster core data set.

Stage 3: Applied model for “white cities”

A total of 41 undefined remained “white cities” were classified and clustered to build model with a 92% accuracy.

Build model was based on proposed step by step unknown subtraction on the clustering of“white cities”

Figure 2. Final cluster of cities model.

The 4 models are independent from each other based on distance:

City cluster 1= 0.718478 – 0.212588$\sqrt[3]{Population\ Density}$ +

0.0109807($\sqrt[3]{Population\ Density}$)^2 + 0.22351$\sqrt[3]{Waste\ Per\ Capita}$

City cluster 2 = 2.43406 +G3DP Per capita*Waste Per Capita*(-4.95095e-0.5) + Population Density * (-0.000994392) +

Population Density*Waste Per Capita * 0.000400575 +

5.44195e08 $\sqrt{Population\ Density}$

City cluster 3 = 9.54921 – 0.425956 $\sqrt[3]{GDP\ Per\ Capita}$

$\sqrt[3]{Waste\ Per\ Capita}$ + 0.00589386$\sqrt[3]{GDP\ Per\ Capita}$ +

-1.07799$\sqrt[3]{Population\ Density}$ + 0.9323332$\sqrt[3]{Population\ Density}$ *

$\sqrt[3]{Waste\ Per\ Capita}$

City cluster 4 = 51.2772 + 0.699921 $\sqrt[3]{Population\ Density}$ -0.669192

$\sqrt[3]{Population\ Density * Waste\ Per\ Capita}$ -

108.31 $\sqrt[3]{Waste\ Per\ Capita}$ + 56.6625 ($\sqrt[3]{Waste\ Per\ Capita}$)^2

Clustering was performed by a combination of 3 mathematical approaches: EM, k-means and GMDH neural network algorithms as an iterative process. On each stage a group of cities were determined as core for classification of others which could not be easy defined to understand which cluster should be included in. There were builded models for classification by proposed parameters which were verified on 20% of given data and their accuracy were more than 95%. Models showed dominated parameters like Waste per capita and GDP per capita which can be used as important parameters for city analysis.

Five model fit municipality predictors were identified as Milan energy dependences

Using the Municipality of Milan as a target to identify the energy by sector dependences between the 21 neighboring municipalities. A GMDH and neural networks approach was applied to identify all possible combination and functional dependences for Milan's energy consumption by sector. Five model fit municipality predictors were identified as Milan energy by sector dependencies: 1. and 2. Sesto San Giovanni (urban transport and residential), 3. Baranzate (urban transport), 4. Rozzano (agriculture), 5. Corsico (agriculture).

Predictor 1: Milan Residential energy sector depend from Sesto San Giovanni Residential sector. Analysis demonstrated a 99% model fit correlation with a maximum negative error predictor of -27.10% and maximum positive error model fit of 8.54% was calculated between the Municipality of Milan and Sesto San Giovanni residential sector with a 98% coefficient of determination. The Municipality of Milan's residential energy sector showed a strong dependency from Sesto San Giovanni residential sector.

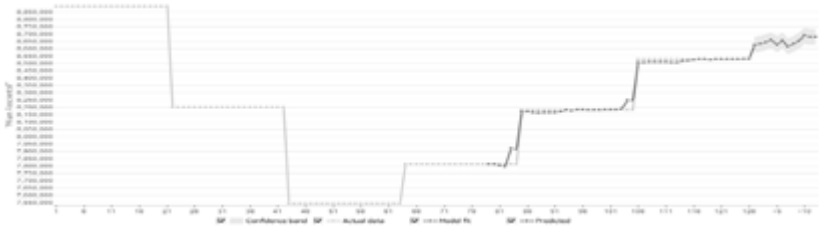

Figure 3. Metropolitan City of Milan residential sector energy consumption forecast

Predictor 2: Milan Tertiary energy sector depend from Baranzate Urban Transport sector. Analysis demonstrated a 97.65% correlation model fit with a maximum negative error predictor of -42.5% and maximum positive error

model fit of 14.63% was calculated between the Municipality of Milan and Baranzate urban transport sector with a 95.36% coefficient of determination. The Municipality of Milan's tertiary energy sector showed a strong dependency from Baranzate transport sector.

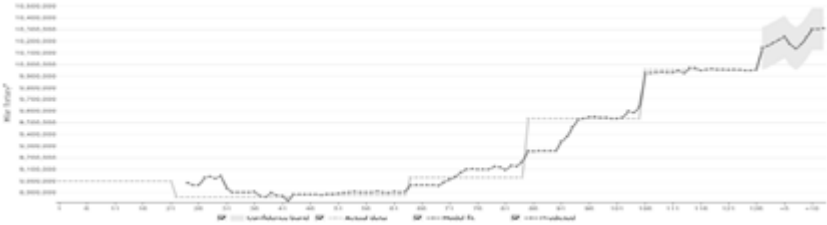

Figure 4. Metropolitan City of Milan tertiary sector energy consumption forecast

Predictor 3: Milan Agriculture energy sector depend from Rozzano Agriculture sector. Analysis demonstrated a 99.9% correlation model fit with a maximum negative error predictor of -21.32% and maximum positive error model fit of 20.91% was calculated between the Municipality of Milan agriculture sector and Rozzano agriculture with a 99.9% coefficient of determination. The Municipality of Milan's agriculture sector showed a strong dependency from Rozzano agriculture sector.

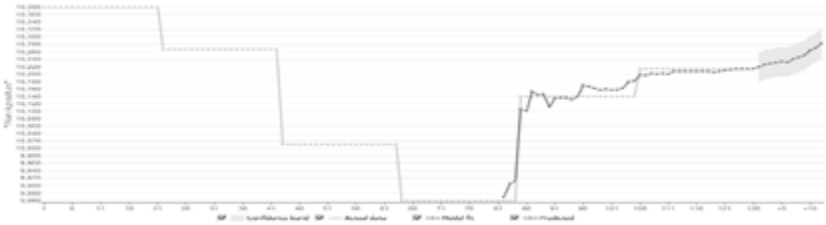

Figure 5. Metropolitan City of Milan agriculture sector energy consumption forecast

Predictor 4: Milan Transport energy sector depend from Sesto San Giovanni Urban Transport sector. Analysis demonstrated a 99.4% correlation model fit with a maximum negative error predictor of -3.81% and maximum positive error model fit of 6.64% was calculated between the Municipality of Milan urban transport sector and Rozzano urban transport with a 98.9% coefficient of determination.

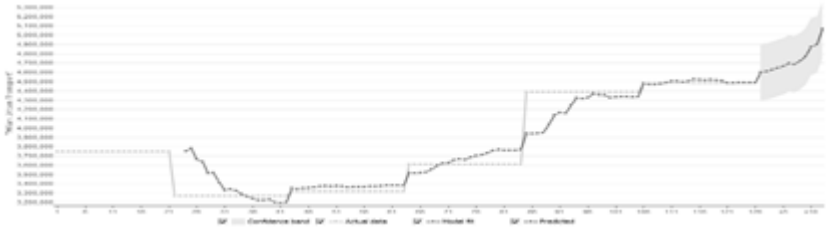

Figure 6. Metropolitan City of Milan urban transport sector energy consumption forecast

Predictor 5: Milan Non ETS Industry energy sector depend from Corsico Agriculture sector. Analysis demonstrated a 93.3% correlation model fit with a maximum negative error predictor of -12.10% and maximum positive error model fit of 20.72% was calculated between the Municipality of Milan Non ETS industry sector and Corsico agriculture with a 87.1% coefficient of determination. The Municipality of Milan's agriculture sector showed a strong dependency from Rozzano agriculture sector.

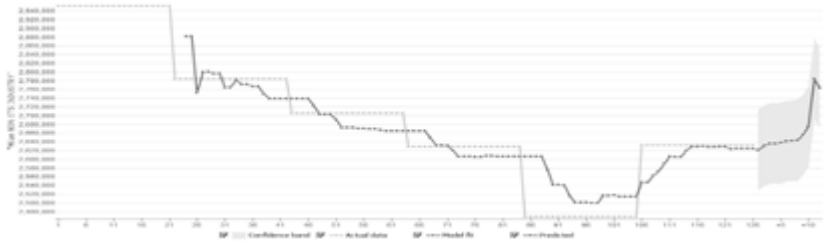

Figure 7. Metropolitan City of Milan non ets industry sector energy consumption forecast

Conclusion

Combining classical correlation analysis to initial data and comparing to result obtained before there were builded set of characteristic which should be as main indicators of the city.

1. Surface area was the least important variable to be considered influential, as dominant socioeconomic, demographic and resource variables included: GDP per capita, population density and waste per capita

2. GDP per capita and population density demonstrated migration and classified city growth

3. GDP per capita, number of families, number of housing units classified

city in comfort and effectivity of using building

4. GDP / waste per capita = indicator of level for city developing

Socioeconomic and demographic city characteristic were established as most dominated parameters: GDP per capita, population density and waste per capita. Results, determined that the physical area and population growth of a city like the biological process in a body are on the second level and now cities characterize more by migration movement of people depended on GDP. Analysing this curve and comparing to curves for other city it is possible to say in which level of developing the current city is.

Group of GDP per capita and waste per capita in each model showed that these parameters are the significant indicators in a city than demographic characteristics. Cities with common proportion of these parameters form a set which correlated to sets of cities divided by the level of development, which means that this proportion can be used as additional indicator of city developing. Forecasting of these parameters and comparing to real data allows to clarify this set and calculated accuracy prove proposed theory, that the most influential indicator effects on city evolution for future city clustering and classification type parameters are : Surface area, GDP per capita, Number of housing units, Population density and Waste per capita..

References

1. *Chen, Y., Wang*. 2013. Multifractal characterization of urban form and growth:the case of Beijing. Environ. Plann. B Plann. Design 40, 884–904.
2. *Liu, Y., Song, Y.* Arp, H.P., 2012. Examination of the relationship between urban form and urban eco-efficiency in china. Habitat Int. 36, 171–177.
3. *Poelmans, L., Rompaey*. A.V., 2009. Detecting and modelling spatial patterns of urban sprawl in highly fragmented areas: a case study in the Flanders-Brussels region. Landscape Urban Plann. 93, 10–19.
4. *Karen Noiva, John E.* Cluster analysis of urban water supply and demand: Toward large-scale comparative sustainability planning. Sustainable Cities and Society, Volume 27, November 2016, Pages 484-496

УДК 681.3:519.68

Способи використання генетичних алгоритмів і багаторозрядних підстановок для підвищення ефективності існуючих засобів ущільнення даних

Дробязко І. П., Северін С. І., Тесленко О. К., к.т.н., с.н.с.,
НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
м. Київ, teslenko@scs.ntu-kpi.kiev.ua

Описано алгоритм підвищення ефективності ущільнення даних з використанням прямих та обернених підстановок. Запропоновано способи використання генетичних алгоритмів для пошуку ефективних багаторозрядних підстановок.

Вступ

При роботі з великими архівами, обробці даних міського управління та бібліотечних фондів зростає необхідність у збереженні великих обсягів даних. Тому підвищення ефективності ущільнення даних є досить актуальною задачею. В [1] запропоновано метод ущільнення файлів, який ґрунтується на проміжному перетворенні файлів за допомогою підстановок довільної розрядності та використанні існуючих засобів ущільнення. Для такого перетворення використані результати реалізації підстановок на регулярних одновимірних каскадах конструктивних модулів (ОККМ) [2], де кожний із конструктивних модулів (КМ) є однорозрядним. В [3] експериментальним шляхом із 850 однорозрядних КМ визначено 96 пар прямих та обернених КМ та наведено приклад алгоритму перетворення файлів за допомогою регулярних ОККМ.

Згідно з [1], використання багаторозрядних підстановок на базі однорозрядних КМ дозволяє підвищити показники ущільнення файлів. Виникає задача дослідження ефективності застосування КМ більшої розрядності, зокрема на 2, 4 та 8 розрядів.

В [2, 4] вказано, що кількість Q різних m-розрядних КМ можна оцінити наступним чином:

$$Q_{2a} \approx \left((2^m)!\right)^4 \qquad (1)$$

Вже при m=2 кількість КМ є значною, а при m=4, і тим більш при m=8, повний перебір всіх КМ виходить за рамки сучасних технічних можливостей. Для вибору ефективного КМ пропонується використовувати генетичний алгоритм.

Пошук конструктивних модулів з використанням генетичного алгоритму

Генетичний алгоритм — це еволюційний алгоритм пошуку, що використовується для вирішення задач оптимізації і моделювання шляхом послідовного підбору, комбінування і варіацій шуканих параметрів з використанням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію.

КМ для даного алгоритму представлені у вигляді бітового масиву.

Для пошуку КМ виділено наступні етапи генетичного алгоритму:

1. Створення початкової популяції – випадковим чином створюється початковий набір КМ. Кількість індивідів в популяції обмежується наявними обчислювальними потужностями.
2. Обчислення фітнес-функції – обчислення коефіцієнту ущільнення відносно початкового ущільнення файлу.
3. Вибір індивідів з поточної популяції – найкращі КМ переходять у наступну популяцію.
4. Схрещування та мутація – найкращі популяції схрещуються між собою для створення нової популяції КМ. Випадкові індивіди нової популяції мутують шляхом заміни частини булевих функцій КМ.

Еволюційний процес зупиняється при досягненні бажаного коефіцієнта ущільнення файлу або після виконання заданої кількості ітерацій.

Пошук КМ по типах файлів

Даний спосіб полягає у використанні генетичного алгоритму для пошуку ефективних КМ в залежності від типу файлу, що ущільнюється. Для популярних типів файлів (наприклад, .doc, .docx, .txt, .pdf) виконується пошук ефективних підстановок. Фітнес-функція генетичного алгоритму має враховувати коефіцієнт ущільнення всіх файлів заданого типу. Таким чином, в алгоритмі зберігається по одному набору КМ для кожного з типів файлів.

Під час ущільнення визначається тип файлу та виконується пошук ефективної КМ з попередньо відібраного набору для даного типу.

Перевагами даного способу є те, що конструктивні модулі розділені на типи, і це дає змогу зменшити кількість КМ в наборі.

Пошук КМ для довільного файлу

Даний спосіб передбачає використання генетичного алгоритму для пошуку ефективного КМ для конкретного файлу. Фітнес-функція враховує ущільнення файлу відносно його початкового ущільнення.

Даний спосіб дає змогу знайти ефективний КМ для заданого файлу незалежно від його типу. Таким чином, цей спосіб підходить для ущільнення великого архіву, в якому знаходяться файли різних типів.

Недоліком способу є уповільнення пошуку КМ для одного файлу порівняно з попереднім способом (кількість КМ для перевірок значно більша).

Підхід до попереднього оцінювання ефективності запропонованих способів

Суть підходу полягає у використанні повного перебору всіх можливих 2-розрядних КМ, з яких створюється 8-розрядний КМ, для подальшої побайтної обробки файлів. Це дає теоретичну можливість визначити найбільш ефективні КМ шляхом їх повного перебору та порівняти з результатами роботи генетичних алгоритмів. Згідно з [4, 5] найбільш прийнятними для реалізації як прямих, так і обернених підстановок є КМ типу 2а. Але навіть при m=2 кількість КМ типу 2а, згідно з (1), дорівнює 331776. Тому був проведений аналіз 2-розрядних КМ типу 2в. Особливість цих КМ полягає в тому, що вони самі по собі не реалізують підстановок, але їх об’єднання в 4-розрядний або 8-розрядний КМ – реалізують. При цьому об’єднаний 8-розрядний КМ може мати типи 2а, 3а та 2б, а для забезпечення наявності оберненої підстановки необхідно мати тип 2а. Аналітично визначити кількість об’єднаних 8-розрядних КМ із 2-розрядних КМ типу 2в досить складно. Тому була розроблена програма для експериментального визначення кількості таких 8-розрядних КМ, в результаті роботи якої виділено 7343 КМ типу 2а. Одержаний результат є прийнятним для експериментальної перевірки ефективності генетичних алгоритмів.

Висновки

Перший спосіб є більш ефективним для файлів конкретного типу. Другий спосіб є універсальним, проте швидкість ущільнення заданого файлу менша. В той же час другий спосіб дає змогу ущільнювати великі архіви різнотипних файлів.

Таким чином, найефективнішим буде використання цих способів в поєднанні. Для файлів наперед заданих типів пошук КМ буде виконуватись за допомогою попередньо відібраних наборів для кожного типу. У випадку створення архівів різнотипних файлів доцільно використовувати другий спосіб.

Подальші напрямки досліджень стосуватимуться аналізу інших способів визначення оптимального набору КМ.

Література

1. *Тарасенко В. П., Тесленко О.К., Яновська О.Ю.* Використання прямих та обернених підстановок довільної розрядності для підвищення ефективності існуючих засобів ущільнення даних // Тези доп. Четвертої Міжнар. наук.-практ. конференції «Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації. Україна, м. Вінниця 23-25 квітня 2013 р. – С. 223-226.
2. *Тарасенко В. П., Тесленко О.К., Яновська О.Ю.* Можливості найпростіших двонаправлених регулярних одновимірних каскадів конструктивних модулів щодо реалізації різних повних підстановок. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. –№7 (59). – С. 147-153.
3. *Тесленко О.К., Невмержицький П.А.* Загальна оцінка алгоритму шифрування, який ґрунтується на суперпозиції підстановок із найпростіших регулярних ОККМ // Збірник тез доп. восьмої наукової конференції магістрантів та аспірантів «Прикладна математика та комп'ютінг» (ПМК 2016), Київ, НТУУ «КПІ», 20-22 квітня 2016 р. – С. 159-164.
4. *Тарасенко В. П., Тесленко О.К., Яновська О.Ю.* Реалізація повних підстановок на простому двомодульному каскаді конструктивних модулів. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2008. – №1 (11). – С. 88-97.
5. *Тарасенко В. П., Тесленко О.К., Яновська О.Ю.* Реалізація обернених підстановок на простому двомодульному каскаді конструктивних модулів // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2013. – №3 (28). – С. 16-25.

УДК 519.711.74

Графовая динамическая модель «ресурсная сеть»: структурные и функциональные характеристики

Жилякова Л.Ю., д.ф.-м.н., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва zhilyakova.ludmila@gmail.com

В работе описываются основные статические и динамические характеристики графовой пороговой модели «ресурсная сеть». Набор характеристических параметров должен быть достаточным для того, чтобы для сети, заданной произвольным графом, и для любого значения суммарного ресурса можно было аналитически получить векторы предельного состояния и предельных потоков. Эти параметры определяются для каждого класса сетей из приведенной в статье классификации.

Введение

У модели «ресурсная сеть» имеется множество разных моделей-предшественников. Нельзя не упомянуть наиболее известную статическую потоковую модель Форда – Фалкерсона [1], и ее многочисленные и разнообразные модификации (см., например, [2, 3]). Они применяются для поиска оптимальных по тем или иным критериям потоков в сетях с источниками и стоками. При этом, существует большое количество потоковых задач, не интерпретируемых в рамках таких моделей – два частных случая, представляющих весьма далекие предметные области, описаны в [4, 5].

Диапазон сетевых задач и моделей для них чрезвычайно широк, и далеко не во всех них существует направленное движение потока от источников к стокам. Большой класс задач описывается моделью случайных блужданий и рассеяния на графах [6]. Эти модели, как правило, описываются однородными (иногда неоднородными) цепями Маркова. Еще один тип моделей – целочисленные пороговые модели, такие, например, как *chip-firing game* [7–9], в которых вершины графа выстреливают фишками по исходящим ребрам. Оказалось, что такие простые «игры на графах» описывают весьма сложные процессы самоорганизующейся критичности, которые происходят, в частности, при сходе лавин [10, 11] – «куча песка», «куча риса». В модели chip-firing game все вершины, способные выстрелить (имеющие число фишек, не меньшее, чем их полустепень ис-

хода), выстреливают по очереди. Было доказано, что предельное распределение фишек (если оно существует) не зависит от порядка выстреливаний вершин. Поэтому эти «кучи» были названы *абелевыми кучами* [12, 13]. Обзор некоторых неклассических моделей, близких к ресурсной сети был сделан в [14].

Настоящая работа является продолжением работы, представленной на конференции «ИАИ-2013», описывающей классификацию ресурсных сетей и отличительные свойства разных классов [15].

Основные определения и обозначения

Ресурсной сетью называется ориентированный связный граф $G = (V, E)$. Его ребрам $e_{ij} = (v_i, v_j) \in E$ приписаны неотрицательные веса r_{ij}, постоянные во времени и называемые *пропускными способностями*. *Ресурсами* $q_i(t)$ называются неотрицательные числа, приписанные вершинам v_i и изменяющиеся в дискретном времени t. Вершины могут хранить неограниченное количество ресурса.

Состоянием $Q(t)$ сети в момент t называется вектор-строка $Q(t) = (q_1(t), \ldots, q_n(t))$.

Состояние $Q^* = (q_1^*, \ldots, q_n^*)$ называется *предельным*, если для любого $\varepsilon > 0$ существует t_ε такое, что для всех $t > t_\varepsilon$ $|q_i^* - q_i(t)| < \varepsilon$, $i = 1, 2, \ldots, n$.

$R = (r_{ij})_{n \times n}$ – *матрица пропускной способности* сети.

$r_i^{in} = \sum_{j=1}^{n} r_{ji}$ и $r_i^{out} = \sum_{j=1}^{n} r_{ij}$ – входная и выходная пропускные способности вершины v_i, соответственно.

$r_{sum} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} r_{ij}$ – суммарная пропускная способность.

В сети выполняется *закон сохранения*: при функционировании ресурс не поступает извне и не расходуется: $\forall t \ \sum_{i=1}^{n} q_i(t) = \text{const} = W$ (W – суммарный ресурс сети).

Распределение ресурса происходит по одному из двух правил, выбор которых зависит от количества ресурса в вершинах.

Правила распределения ресурса. В момент t вершина v_i отдает в ребро, соединяющее ее с вершиной v_k:

r_{ik} единиц ресурса, если $q_i(t) > r_i^{out}$ (правило 1);

$\frac{r_{ik}}{r_i^{out}} q_i(t)$, если $q_i(t) \le r_i^{out}$ (правило 2).

Множество вершин с ресурсом $q_i(t)$, не превосходящим r_i^{out}, называется зоной $Z^-(t)$. Вершины из $Z^-(t)$ функционируют по правилу 2. $Z^+(t)$ – множество вершин, ресурс которых больше их выходной пропускной способности, они функционируют по правилу 1. Для предельного состояния Q^* обозначим эти зоны Z^{-*} и Z^{+*}.

Поток ресурса. Ресурс, выходящий из вершины v_i по ребру e_{ij} в момент t, приходит в вершину v_j в момент $t + 1$. Между моментами t и t+1 ресурс находится в ребре e_{ij}. Этот ресурс называется *потоком* $f_{ij}(t)$. Общий поток сети описывается матрицей $F(t) = (f_{ij}(t))_{n\times n}$. Способы обозначения величин для потоков совпадают с аналогичными обозначениями для состояний и пропускных способностей. Полное описание см., например, в [15].

T – пороговое значение ресурса, такое что при $W \le T$ все вершины начиная с некоторого t' переходят в зону $Z^-(t)$; при $W > T$ зона $Z^+(t)$ непуста начиная с некоторого t''.

$Q^{1*} = (q_1^{1*}, ..., q_n^{1*})$, $\tilde{Q} = (\tilde{q}_1, ..., \tilde{q}_n)$ – векторы предельного распределения суммарного ресурса при $W = 1$ и $W = T$, соответственно.

Классификация ресурсных сетей и их свойства

Подробная классификация сетей и свойства, взятые за ее основу, подробно описаны в [15]. Здесь коротко перечислим основные выделенные классы и их отличительные черты.

- *Эйлеровы сети* – эргодические реуглярные сети [16, 17], в которых для каждой вершины выполняется равенство суммарной входной и выходной способности: $r_i^{in} = r_i^{out}$;
- *несимметричные регулярные сети* – эргодические регулярные сети, в которых, по крайней мере, у пары вершин суммарные входная и выходная пропускные способности отличаются;
- *поглощающие сети* – неэргодические сети со стоковыми вершинами;
- *циклические сети* – эргодические нерегулярные сети с НОД длин всех циклов большем 1.

Доказательства описанных ниже свойств сетей, принадлежащих этим классам, можно найти в [18].

Пороговое значение ресурса T

Для всех классов сетей, кроме поглощающих, существует интегральная характеристика – пороговое значение суммарного ресурса T, единственное для каждой сети и зависящее от матрицы пропускных способностей R.

По разные стороны от порогового значения ($W \le T$ и $W > T$) сеть функционирует по разным законам. При $W \le T$ все вершины за конечное число шагов переходят в зону $Z^-(t)$; при $W > T$, как минимум, одна вершина за конечное число шагов окажется в зоне $Z^+(t)$. Значения ресурса $W \le T$ и $W > T$ называются *малым* и *большим*, соответственно.

Очевидно, выполняется неравенство: $T \le r_{sum}$.

Для Эйлеровых сетей выполняется равенство $T = r_{sum}$; для несимметричных сетей – строгое неравенство $T < r_{sum}$ (это относится и к циклическим сетям, в зависимости от их симметричности) Поглощающие сети порогового значения не имеют.

Характеристики сетей при малом ресурсе ($W \le T$)

Если ресурс в сети мал, его распределение для всех регулярных сетей (как несимметричных, так и эйлеровых) подчиняется одинаковым законам. Разница между классами начинает проявляться при больших ресурсах. При $W \le T$ по определению все вершины за конечное время перейдут на функционирование по правилу 2, тогда выполнится:

$$Q(t+1) = Q(t)\cdot R',$$

где $R' = D^{-1}R, D = \mathrm{diag}\left\{r_1^{out},\ldots,r_n^{out}\right\}$. Этот процесс определяет однородную регулярную цепь Маркова. Непосредственно отсюда следует [16, 17], что:

Предел степеней матриц R' существует: $\lim\limits_{k\to\infty} R'^k = R'^{\infty}$, причем $R'^{\infty} = \mathbf{1}\cdot Q^{1*}$, где $\mathbf{1}$ – вектор-столбец из единиц.

Предельное состояние существует и единственно для любого начального состояния. Для любого состояния $Q(t)$, в котором все вершины принадлежат зоне $Z^-(t)$, выполнится

$$Q(t)\cdot R'^{\infty} = Q^*.$$

Вектор Q^* является левым собственным вектором матриц R'^{∞} и R', соответствующим собственному числу $\lambda = 1$:

$$Q^*\cdot R' = Q^*;\ \ Q^* = Q^*\cdot R'^{\infty}.$$

Для любого $W \le T$ выполняется: $Q^* = Q^{1*} \cdot W$; $F^{in*} = F^{out*\mathrm{T}} = Q^*$.

В любой сети, за исключением поглощающих, пороговое значение T находится по формуле:

$$T = \min_{i \in \{1,\ldots,n\}} \frac{r_i^{out}}{q_i^{1*}} .$$

Для циклических сетей эта формула будет уточнена ниже.

При $W = T$ вектор предельного состояния существует и единственен:

$$\tilde{Q} = Q^{1*} \cdot T.$$

Несимметричные регулярные сети ($W > T$)

При $W > T$ в несимметричных сетях некоторые вершины начинают аккумулировать избытки ресурса ($W - T$). Ресурс, равный T, всегда распределяется единственным образом, формируя вектор $\tilde{Q}$. Поэтому становится важным разделение вершин по знаку разности $\Delta r_i = r_i^{in} - r_i^{out}$. Вершины делятся на три типа: приемники, источники и нейтральные вершины. Однако такой классификации оказывается недостаточно для предсказания, где именно окажутся излишки ресурса. Поэтому вводится дополнительное понятие *вершины потенциального аттрактора*. Это та вершина, которая может при $W > T$ из определенного начального состояния оказаться в предельном состоянии в зоне Z^{+*}. Аттракторы делятся на *активные* и *пассивные*. Активные аттракторы притягивают к себе ресурс, в то время как пассивные могут только сохранить имеющийся. Активными аттракторами могут быть только некоторые вершины-приемники, а пассивными – только некоторые нейтральные вершины. Если в сети есть единственный аттрактор v_i, он обязательно активен, и аккумулирует все излишки ресурса.

Критерий аттрактивности выполняется для всех эргодических сетей. Вершина v_j является аттрактором, тогда и только тогда, когда

$$j = \arg \min_{i \in \{1,\ldots,n\}} \frac{r_i^{out}}{q_i^{1*}} .$$

Пусть сети задана такая нумерация вершин, что аттракторы имеют номера от 1 до l ($l \ge 1$). Тогда для всех не-аттрактивных вершин при любом количестве ресурса $W > T$ компоненты предельного вектора остаются постоянными (не зависят от W) и вычисляются по формуле:

$$q_i^* = q_i^{1*} \cdot T,\ i > l.$$

Излишки ресурса ($W - T$) распределяются между аттракторами.

Для вершин-аттракторов выполняется равенство: $\tilde{q}_i = r_i^{out}$, $i \le l$; для всех остальных – строгое неравенство: $\tilde{q}_i < r_i^{out}$, $i > l$.

Отсюда, $\tilde{Q} = T \cdot Q^{1*} = (r_1^{out},\ldots,r_l^{out},\tilde{q}_{l+1},\ldots,\tilde{q}_n)$.

Для любого, сколь угодно большого ресурса $W > T$ векторы предельных потоков совпадают с $\tilde{Q}$, а предельный суммарный поток равен T:

$$F^{in*} = \left(F^{out*}\right)^{\mathrm{T}} = \tilde{F}^{in} = \left(\tilde{F}^{out}\right)^{\mathrm{T}} = \tilde{Q} = (r_1^{out},\ldots,r_l^{out},\tilde{q}_{l+1},\ldots,\tilde{q}_n);\quad f_{sum}^* = T.$$

Вектор предельного состояния Q^* выражается через $\tilde{Q}$:

$$Q^* = (r_1^{out} + \Delta q_1^*,\ldots,r_l^{out} + \Delta q_l^*,\tilde{q}_{l+1},\ldots,\tilde{q}_n),$$

где $\Delta q_i^* \ge 0$; $\sum_{i=1}^{l} \Delta q_i^* = W - T$.

Эйлеровы сети

Каждая вершина эйлеровой сети является *пассивным потенциальным аттрактором*. Из этого следует, что при $W \le T$ векторы предельного состояния и потоков могут быть выписаны в явном виде:

$$F^{in*} = \left(F^{out*}\right)^{\mathrm{T}} = Q^* = \left(\frac{r_1^{out}}{r_{sum}}W,\ldots,\frac{r_n^{out}}{r_{sum}}W\right).$$

Для $W = T$ и $W > T$

$$F^{in*} = \left(F^{out*}\right)^{\mathrm{T}} = \tilde{Q} = (r_1^{out},\ldots,r_n^{out}).$$

Непосредственно отсюда следует, что $T = r_{sum}$.

При $W > T$, для некоторых начальных состояний предельное состояние также может быть выражено явно через начальное состояние:

$$Q^* = \left(r_1^{out} + c_1(0) - \tilde{c}_1^m,\ldots,r_m^{out} + c_m(0) - \tilde{c}_m^m,\ r_{m+1}^{out},\ \ldots,r_n^{out}\right),$$

где $c_j(0)$ – *начальные профициты* в вершинах; $m \ge 1$ – количество вершин, содержащих профицит. Назовем такие состояния *хорошими*. Начальное состояние является *хорошим*, если и только если $c_j(0) \ge \tilde{c}_j^m$, $j = 1, \ldots, m$. Здесь нумерация вершин производится по убыванию количества ресурса

в начальном состоянии $q_j(0)$ (соответственно, по убыванию профицитов $c_j(0)$). Методы определения предельных профицитов $\tilde{c}_j^m$ описаны в [18].

Для всех *нехороших* начальных состояний описан алгоритм перевода их в *хорошие*. Доказано, что при применении этого алгоритма вектор предельного состояния не изменяется.

Поглощающие сети

Пусть поглощающая сеть имеет l стоков с номерами от 1 до l. Тогда ее матрицы R и R' могут быть представлены в блочной форме:

$$R = \left(\begin{array}{c|c} D & O_1 \\ \hline R_1 & R_2 \end{array}\right), R' = \left(\begin{array}{c|c} E_1 & O_1 \\ \hline R_1' & R_2' \end{array}\right).$$

где D и E_1 – квадратные матрицы размера $l \times l$ (D – диагональная неотрицательная матрица, содержащая пропсукные способности петель стоков, если они существуют), O_1 – нулевая матрица размера $l \times (n - l)$. Блоки R_1, R_1' и R_2, R_2' имеют размеры $(n - l) \times l$ и $(n - l) \times (n - l)$ соответственно.

Предел степеней матрицы R' вычисляется по формуле:

$$R'^{\infty} = \left(\begin{array}{c|c} E_1 & O_1 \\ \hline \left(E_2 - R_2'\right)^{-1} R_1' & O_2 \end{array}\right).$$

В [18] было доказано, что матрица R'^{∞} не изменяется при любых изменениях диагональных элементов матрицы R. Это не очевидный результат, поскольку в матрице R' происходят сильные изменения при изменении диагональных элементов матрицы R.

Для любого суммарного ресурса W вектор предельного состояния полностью зависит от начального состояния и вычисляется по формуле:

$$Q^* = Q(0)R'^{\infty}.$$

Из выражения для R'^{∞} видно, что вектор Q^* имеет l ненулевых компонент, соответствующих стокам. Отсюда следует, что порогового значения T не существует. Предельное состояние вычисляется по одной формуле для любого суммарного ресурса. Предельный поток в такой сети равен нулю (за исключением потока в петлях стоков).

Циклические сети

Малый ресурс. Сеть называется циклической, если наибольший общий делитель длин всех ее циклов больше единицы. Если НОД длин циклов равен d (> 1), будем называть сеть d-циклической.

Пусть R' – стохастическая матрица d-циклической ресурсной сети. Рассмотрим последовательность ее степеней: R', …, R'^{d}, R'^{d+1},… Она состоит из d сходящихся подпоследовательностей:

1) R', $R'^{d} \cdot R'$, $R'^{2d} \cdot R'$, $R'^{3d} \cdot R'$,…

2) R'^{2}, $R'^{d} \cdot R'^{2}$, $R'^{2d} \cdot R'^{2}$, $R'^{3d} \cdot R'^{2}$,…

…

d) R'^{d}, $R'^{d} \cdot R'^{d}$, $R'^{2d} \cdot R'^{d}$, $R'^{3d} \cdot R'^{d}$,…

Все пределы подпоследовательностей $R_1'^{\infty}$, …, $R_d'^{\infty}$ выражаются в терминах одной предельной матрицы $R_d'^{\infty}$:

$R_1'^{\infty} = R_d'^{\infty} R'$;

$R_2'^{\infty} = R_d'^{\infty} R'^{2}$;

…

$R_{d-1}'^{\infty} = R_d'^{\infty} R'^{d-1}$.

Таким образом, d-циклическая ресурсная сеть вместо единственного предельного состояния имеет предельный цикл длины d:

$$Q_1^* = Q(t) R_d'^{\infty} R', \; Q_2^* = Q(t) R_d'^{\infty} R'^{2}, \ldots \; Q_d^* = Q(t) R_d'^{\infty}.$$

Вектор $Q(t)$ – вектор состояния сети на произвольном такте t, когда все вершины перешли на функционирование по правилу 2.

Каждый предельный вектор циклически переходит в следующий: $Q_{i+1}^* = Q_i^* R'$, $i = 1, \ldots, d-1$, $Q_1^* = Q_d^* R'$.

Векторы Q_1^*, ..., Q_d^* являются собственными векторами матрицы $R_d'^{\infty}$, соответствующими собственному значению $\lambda = 1$ кратности d.

Векторы Q_1^*, ..., Q_d^* при определенных условиях могут совпадать, тогда в сети будет существовать одно равновесное состояние. Равновесное состояние существует, если после перехода всех вершин на функционирование по правилу 2, в каждом циклическом классе будет одинаковое количество ресурса, равное $\frac{W}{d}$. Вектор равновесного состояния равен WQ^{1*}, где Q^{1*} – любая строка матрицы A, предела последовательности степеней R'^{d} по Чезаро: $A = \frac{1}{d}(E + R' + \ldots + R'^{d-1}) R_d'^{\infty}$.

Вектор Q^{1*} также является единственным положительным собственным вектором матрицы R' при $W = 1$. Он вычисляется как

$$Q^{1*} = \frac{Q_1^* + \ldots + Q_d^*}{d \cdot W}, \text{ для любого } W < T.$$

Большой ресурс. При $W \geq T$ происходит стабилизация состояния и потоков, и из любого начального состояния достигается глобальное равновесие. Предельный поток существует и единственен. Предельное состояние существует. Оно не зависит от начального состояния, если и только если сеть имеет единственный аттрактор.

Вершина v_i является аттрактором тогда и только тогда, когда

$$j = \arg\min_i \frac{r_i^{out}}{q_i^{1*}},$$

где вектор Q^{1*} – предел по Чезаро: $Q^{1*} = \frac{1}{d}\sum_{k=1}^{d} Q_k^{1*}$.

Пороговое значение T определяется сходно с остальными классами:

$$T = \min_i \frac{r_i^{out}}{q_i^{1*}}.$$

Отличие состоит в том, что вектор Q^{1*} – в общем случае не единственный вектор предельного состояния, а среднее арифметическое векторов предельного цикла.

Функционирование циклических сетей при $W \geq T$ полностью совпадает с функционированием регулярных сетей. Это объясняется тем, что в аттракторах при накоплении ресурса как бы появляются виртуальные петли, что сразу делает d равным единице. Поэтому при больших ресурсах на циклические сети полностью переносятся результаты, полученные для регулярных сетей.

Заключение

В работе приведены и проанализированы основные структурные и динамические характеристики классов ресурсных сетей.

Литература

1. *Форд Л.Р., Фалкерсон Д.Р.* Потоки в сетях. Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 334с.
2. *Ahuja R.K., Magnati T.L., and Orlin J.B.* Network Flows: Theory, Algorithms and Applications. Prentice Hall, New Jersey. 1993

3. *Fleischer, L. and Skutella, M.,* Minimum Cost Flows Over Time without Intermediate Storage, in Proc.35th ACM/SIAM Symp. on Discrete Algorithms (SODA), January 2003, pp. 66–75.
4. *Szeto W., Iraqi Y., and Boutaba R.* A multi-commodity flow based approach to virtual network resource allocation. Proceedings of Global Telecommunications Conference. GLOBECOM '03. IEEE. 2003.
5. *Жилякова Л.Ю.* Применение ресурсных сетей для моделирования распространения веществ в водной среде // Проблемы управления, 2011, № 2, с. 46-51
6. *Blanchard, Ph. and Volchenkov, D.,* Random Walks and Diffusions on Graphs and Databases: An Introduction, Springer Series in Synergetics, Berlin: Springer-Verlag, 2011.
7. *Björner A., Lovasz L. and Shor P.* Chip-firing games on graphs, Europ. J. Comb. 12 (1991), 283–291.
8. *Björner A., Lovasz L.* Chip-firing games on directed graphs, J. Algebraic Combinatorics 1 (1992), 305–328.
9. *Biggs, N.L.* Chip-Firing and the Critical Group of a Graph // Journal of Algebraic Combinatorics 9 (1999), pp. 25–45. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 1999.
10. *Bak, P., Tang, C. and Wiesenfeld, K.* Self-organized criticality, Physical Review A 38. 1988, P. 364 – 374.
11. *Bak, P.* How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. New York: Copernicus. 1996.
12. *Dhar, D.* The abelian sandpile and related models // Physica A: Statistical Mechanics and its applications. Volume 263, Issues 1–4, 1 February 1999, pp. 4 – 25.
13. *Speer, E. R.* Asymmetric abelian sandpile models // Journal of Statistical Physics. April 1993, Volume 71, Issue 1-2, pp. 61 – 74.
14. *Жилякова Л.Ю.* Графовые динамические модели и их свойства // Автоматика и телемеханика, 2015, № 8, с.115-139.
15. *Жилякова Л.Ю.* Базовые классы ресурсных сетей и их свойства // Сборник трудов Международной научной конференции имени Т.А. Таран «Интеллектуальный анализ информации» ИАИ-2013. Киев, «Просвіта», 2013. с. 95-103.
16. *Робертс Ф.С.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М. Наука, 1986. – 496 с.
17. *Кемени Дж., Снелл Дж.* Кибернетическое моделирование: некоторые приложения: пер. с англ. – М.: Сов. Радио, 1972. – 192 с.
18. *Жилякова Л.Ю., Кузнецов О.П.* Теория ресурсных сетей: монография. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2017. – 283 с. – (Научная мысль).

UDC 004.021

An Improved Flower Pollination Algorithm for global optimization

Yu.Zorin, Ph,D, Assoc. Prof., NTUU "I. Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, yzorin@gmail.com

The paper presents a modified Flower Pollination Algorithm for global optimization. Due to introduction of two novelties: multiple groups of pollinators and reset of a pollinator after each iteration, the algorithm performance has been substantially improved in regard of result accuracy and robustness.

Introduction

In the last decade a few metaheuristic Swarm Algorithms for global optimization have been developed [1-3]. They have been derived from the behavior of biological systems in nature and based on swarm intelligence. Behavior of the swarm agents is determined by specific rules inherent by given biological species and a randomization component which controls the diversity of solutions. The Flower Pollination Algorithm is one of the most modern metaheuristics used for solving global optimization problem in continuous space [4].

In general terms the problem of optimization in continuous space (Continuous optimization problem - CnOP) is formulated as follows.

The problem model $Q = (S, \Omega, f)$ comprises the following components: S – search space defined on the finite continuous intervals for each decision variable; Ω – set of intervals; $f : S \to R_0^+$ – objective function.

A solution $s \in S$ is complete if its every variable satisfies all the restriction in Ω. A solution $s \in S$ is called global if and only if $f(s^*) \le f(s), \forall s \subset S, s \ne s^*$. A set of all global optimal solutions is denoted as S^*. To solve the CnOP is to find at least one $s^* \in S^*$.

Flower Pollination Algorithm

The Flower Pollination Algorithm uses the following idealized rules.

1. Biotic and cross-pollination is considered as global pollination process with pollen-
   carrying pollinators performing Levy Flights.
2. Abiotic and self-pollination are considered as local pollination.
3. Flower constancy can be considered as the reproduction probability proportional to the similarity of two flowers involved.
4. Local pollination and global pollination is controlled by a switch probability $p \in [0, 1]$.

However, for simplicity it is assumed that each plant only has one flower, and each flower only produce one pollen gamete. Thus, there is no need to distinguish a pollen gamete, a flower, a plant or solution of the problem. This simplicity means a solution x_i is equivalent to a flower and/or a pollen gamete.

The first rule plus flower constancy can be represented as

$$x_i^{t+1} = x_i^t + L(x_i^t - g_*) . \qquad (1)$$

where x_i^t is the pollen i or solution vector x_i at iteration t, and g_* is the current best solution found among all solutions at the current generation/iteration, L is a vector drawn from Levy distribution. The Levy Flight [5]

$$Levy \sim u = t^{-\lambda}, (1 < \lambda < 3)$$

is a random walk in which the step lengths have a stable probability distribution. It has an infinite variance with an infinite mean. In general, a random walk is a Markov chain whose next location depends only on the current position and the transition probability. When defined as a walk in a space of dimension greater than one, the steps made are in isotropic random directions. The parameter L is the strength of the pollination, which essentially is a step size. Since insects may move over a long distance with various distance steps, a Levy Flight can be used to mimic this characteristic efficiently. That is, draw $L > 0$ is drawn from a Levy distribution

$$L \sim \frac{\lambda \Gamma(\lambda) \sin(\pi\lambda / 2)}{\pi} \frac{1}{s^{1+\lambda}} .$$

Here $\Gamma(\lambda)$ is the standard gamma function, and this distribution is valid for large steps; $s > 0$ and λ are an algorithm parameters.

The local pollination by rule 2 and flower constancy can be represented as

$$x_j^{t+1} = x_j^t + \varepsilon(x_j^t - x_k^t),$$

where x_j^t and x_k^t are pollens from the different flowers of the same plant species.

Here is the pseudo code of the original algorithm.

Initialize a population of n flowers/pollen gametes with random solutions
Find the best solution g_j in the initial population
Define a switching probability p ∈ [0, 1]
while (t < MaxGeneration){
    for j = 1 : n (all n flowers in the population){
        if (rand < p){
            Draw a (d-dimensional) step vector L which obeys Levy distribution
            Global pollination via $x_i^{t+1} = x_i^t + L(x_i^t - g_*)$
        }
        else{
            Draw ε from a uniform distribution in [0,1]
            Randomly choose j and k among all the solutions
            Do local pollination via $x_j^{t+1} = x_j^t + \varepsilon(x_j^t - x_k^t)$
        }
        Evaluate new solutions
        If new solutions are better, update them in the population
    }
    Find the current best solution g_{j*}
}

As can be seen from formula (1) the idea of the global pollination step is that flower pollens carried by pollinators can travel over a long distance to ensure the pollination and reproduction of the most fittest solution denoted as g_{j*}.

In case of functions with uneven landscape and multiple minima it might with high probability leads the algorithm to premature convergence or trapping into several local minima. Furthermore, it narrows down an algorithm capabilities to explore remote parts of the search space.

To overcome these shortcomings two novelties have been introduced. To improve the performance of the algorithm in terms of accuracy and robustness,

instead of a single group of pollinators several independent groups have been used. Each group exists in isolation from the others and, consequently, pollinators are not bound to one of the current best solution, but to several ones (the best in their group). The second modification is that after each iteration one of the randomly chosen solutions with a low probability can be initialized with a random vector. The latter enables the algorithm to leave local minima.

So, here is the pseudo code of the modified algorithm.

Initialize a population of m groups with n flowers/pollen gametes with random solutions
Find the best solution g_j in the initial population among the groups
Define a switching probability p ∈ [0, 1]
Define a reset probability p_{reset} ∈ [0, 1]
while (t < MaxGeneration){
    for j = 1 : m (all m flower groups){
        for i = 1 : n (all n flowers in the population){
            if (rand < p){
                Draw a (d-dimensional) step vector L which obeys Levy distribution
                Group global pollination via
                $$x_{j,i}^{t+1} = x_{j,i}^{t} + L(g_{j^*} - x_{j,i}^{t})$$
            }
            else{
                Draw Q from a uniform distribution in [0,1]
                Randomly choose k among group solutions
                Do group local pollination via
                $$x_{j,i}^{t+1} = x_{j,i}^{t} + Q(x_{k,i}^{t} - x_{j,i}^{t})$$
            }
            Evaluate new solutions
            If new solutions are better, update them in the population
            If (rand < p_{reset}){
                Randomly choose k among flowers
                Reset $x_{j,i,k}$(group j, flower i, root k)
            }

```
                    }
                    `Find the current group best solution g_j*
            }
}
Find global best solution g* among all groups
```

Test suit

To conduct the algorithm performance analysis well known benchmark functions have been chosen [6].

The Ackley function is widely used for testing optimization algorithms. In its two-dimensional form it is characterized by a nearly flat outer region, and a large hole at the center. The function poses a risk for optimization algorithms to be trapped in one of its many local minima.

$$f(x) = -ae^{-b\sqrt{(\frac{1}{d}\sum_{i=1}^{d} x_i^2)}} - e^{\frac{1}{d}\sum_{i=1}^{d} cos(cx_i)} + a + e.$$

Variable values are $a = 20, b = 0.2$, $c = 2\pi$. The function has been evaluated on the hypercube $x_i \in [-32.768, 32.768]$ for $i = 1, 2, \ldots d$.

The Sphere function has d ($d = 50$ in our tests) local minima and the global one. It is continuous, convex and unimodal. The function has been evaluated on the hypercube $x_i \in [-100, 100]$ for $i = 1, 2, \ldots d$.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{d} x_i^2.$$

The Griewank function has many widespread local minima, which are regularly distributed.

$$f(x) = \sum_{i=1}^{d} \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^{d} cos(\frac{x_i}{\sqrt{i}}) + 1.$$

The function has been evaluated on the hypercube $x_i \in [-600, 600]$ for $i = 1, 2, \ldots d$.

The Rastrigin function has several local minima. It is highly multimodal, but locations of the minima are regularly distributed.

$$f(x) = 10d + \sum_{i=1}^{d} (x_i^2 - 10cos(2\pi x_i)).$$

The function has been evaluated on the hypercube $x_i \in [-5.12, 5.12]$ for $i = 1, 2, \ldots d$.

Global minimum for these functions is $f(x^*)=0$ at $x^*=(0,...,0)$.

The Rosenbrock function is unimodal, and the global minimum lies in a narrow, parabolic valley. However, even though this valley is easy to find, convergence to the minimum is difficult.

$$f(x)=\sum_{i=1}^{d-1}[100(x_{i+1}-x_i^2)^2+(x_i-1)^2].$$

The function has been evaluated on the hypercube $x_i \in [-5,10]$ for $i=1,2,...,d$. Its global minimum is $f(x^*)=0$ at $x^*=(1,...,1)$.

Parameter Settings

From the test phase simulations it has been found out that the best results can be obtained with the following values of algorithm's parameters: number of pollinators in the group - 10, the number of groups - 20, the probability of a global pollination $p=0.85$, $\lambda \in [0.3;1.99]$ for all given problems.

Computational simulation results

Computational simulations have been aimed to show that the modified algorithm has substantial advantages in comparison with the original Flower Pollination Algorithm. The capability of this algorithm has been investigated on well known test problems. The proposed algorithm (MFPA) and the original Flower Pollination Algorithm (FPA) have been run 30 times on each test problem. The characteristics of MFPA algorithm are illustrated in Table 1.

Table 1. **Comparative analysis of modified and original algorithms.**

	Problem size		
1	**2**	**3**	**4**
Algorithm	**n = 20**	**n = 30**	**n = 50**
	Sphere Function		
FPA	**4.78e-18 (3.8e-15)**	**6.62e-4 (2.1e-1)**	**5.26e-2 (7.3e-1)**
MFPA	**1.30e-18 (8.6e-17)**	**2.99e-8 (4.1e-6)**	**9.36e-5 (1.1e-3)**
	Griewank Function		
FPA	**0.03e-21(6.7e-19)**	**2.07e-6 (5.9e-4)**	**4.70e-4 (1.9e-1)**
MFPA	**0.01e-21(2.3e-20)**	**2.78e-9 (4.7e-7)**	**3.41e-6 (3.3e-4)**
	Ackley Function		
FPA	**2.13e-9 (8.5e-7)**	**7.06e-3 (2.7e-1)**	**2.96e-1 (9.8e-1)**
MFPA	**1.01e-11 (2.1e-9)**	**1.03e-7 (8.1e-6)**	**5.91e-3 (0.1e-2)**
	Rastrigin Function		
FPA	**3.18-4 (1.06e-2)**	**9.94e-2 (2.02e-1)**	**0.94 (2.33e-1)**
MFPA	**3.54-10 (2.93e-11)**	**7.6e-10 (3.2e-12)**	**2.83e-10 (4.48e-11)**

1	2	3	4
	Rosenbrock Function		
FPA	**1.12e-3 (2.6e-1)**	**1.14e-2 (2.2e-1)**	**2.54 (1.3e1)**
MFPA	**3.24-9 (1.23e-8)**	**7.146e-6 (7.1e-6)**	**1.56e-4 (3.18e-3)**

Table 1 shows mean result obtained by the algorithm, and in brackets the results standard deviation.

Conclusions

The statistical results obtained from the benchmark functions demonstrate the superiority of the proposed MFPA algorithm to the original Flower Pollination Algorithm in regard of results accuracy and robustness. The values of the result standard deviation demonstrate more stable behavior of the proposed algorithm. These results were obtained due to the introduction of the two novelties – the use of several independent pollinator groups instead of single one and reset of a pollinator with low probability after each iteration. Both novelties increase the quality of proposed algorithm in searching the problem space efficiently and find the optimal solution. Further improvement of proposed algorithm might be obtained by the use of variable step length of the Levy Flight in rule 1.

References

1. Yang, X.-S. Firefly algorithm, stochastic test functions and design optimization// J. Bio-inspired Computation. – . 2010. –vol. 2, – P.78–84.
2. Yang, X. S. A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm, Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization.–Springer Press.–2010. – P. 65-74.
3. Yang, X.-S. Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms, 2nd Edition. – Luniver Press.– 2010. – P. 105-116.
4. Yang X-S. Flower pollination algorithm for global optimization// Lecture Notes in Computer Science. – 2012. – Vol. 7445. – P. 240-249.
5. Reynolds A. The Lévy flight paradigm: random search patterns and mechanisms // Ecology. – 2009. – v 90. – P. 877–887.
6. Virtual Library of Simulation Experiments: Test Functions and Datasets// Available at http://www.sfu.ca/~ssurjano/index.html

УДК 519.87

Про оцінювання інтервалів належності найближчих до заданого цілого простих чисел

Івохін Є. В., д.ф.-м.н., проф., Аджубей Л. Т., к.ф.-м.н., доц.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, г. Киев,
ivohin@univ.kiev.ua

У роботі розглянуто спеціальні послідовності простих чисел, їх властивості, введено операції на даних послідовностях. Запропоновано алгоритм для наближення довільного раціонального числа за допомогою елементів введених послідовностей простих чисел. Розглянуто множину невід'ємних раціональних чисел, які представляються у вигляді відношення двох елементів з розглянутих послідовностей. Доведено твердження для оцінок інтервалів розміщення найближчих до заданого цілого простих чисел.

Вступ

З часів Давньої Греції математики намагаються зрозуміти деяку закономірність в розподілі простих чисел на числовій осі. Навіть для найменших простих чисел навряд чи можна з'ясувати яку-небудь логіку в їх розташуванні. І така логіка стає все більш незрозумілою і надалі, поки ми продовжуємо заглиблюватися в числовий простір.

Щоб просунутися в розумінні простих чисел, було потрібно багато років і математичне чуття найбільших математиків історії. Важливість визначення закономірності в розташуванні цих чисел на числовій осі підштовхнула до пошуку оцінки середньої кількості простих чисел на заданому відрізку. Знання реальної кількості простих чисел на відрізку [2, K], яке позначають як $\pi(K)$, дозволяє точно сказати, чи є довільне ціле число N простим. Тому визначення точної залежності $\pi(K)$ завжди було бажаною метою для математиків.

Однак, незважаючи на існуючі на даний час результати, пока що не знайдено поліноміальної формули, яка б визначала найближче просте число для довільного n.

З іншого боку, послідовності простих чисел ефективно використовуються при вирішенні багатьох прикладних задач із застосуванням обчислювальних схем [1].

Основні результати

Означення 1. Послідовності невід'ємних простих чисел $P_j(a) \geq 0$, $j \in Z$, що належать інтервалу $[a, \infty)$ при $j \geq 0$ або інтервалу $[0, a)$ при $j < 0$ для заданого, необов'язково простого, цілого числа $a \geq 0$, називатимемо послідовностями простих чисел відносно числа a.

Нехай задані прості числа $P_j(a) \geq 0$ з порядковими номерами $j \in Z$ з послідовності простих чисел відносно числа $a \geq 0$. Неважко перевірити, що справедливі співвідношення, що характеризують властивості послідовності простих чисел:

1) $P_0(0) = 0$, $P_0(1) = 1$, $P_1(0) = 1$;

2) $P_0(a) = a$, якщо число $a \geq 0$ - просте, інакше - $P_0(a)$ не існує;

3) $P_j(a) \leq P_k(a)$, якщо $j \leq k$, $P_j(a) < P_k(a)$ при $j < k$, $j \in Z$, $k \in Z$;

4) $P_j(a) = P_j(a+1) = ... = P_j(a+l)$ для усіх $1 \leq l < P_{j+1}(a) - P_j(a)$, $j = 0,1,2,...$, $a \geq 0$;

5) $P_j(a) = P_1(P_{j-1}(a)) = P_1(P_1(P_{j-2}(a))) = P_2(P_{j-2}(a)) = ...$ $= P_{j-1}(P_1(a))$, якщо число $a \geq 0$ - просте, $j \in Z$;

6) $P_j(a) \geq a$ для усіх $j = 0,1,2,...$, якщо число $a \geq 0$ - просте, $P_j(a) > a$ для усіх $j = 1,2,...$, якщо $a \geq 0$ - непросте;

7) $P_j(a) < a$ для усіх $j = -1,-2,..., j_0$, де номер $j_0 < 0$ визначається як найменший індекс простого числа з послідовності, для якого $0 \leq P_{j_0}(a) < a$.

Якщо $a > 0$ - просте число, то існує число $P_0(a)$. Використовуючи вказані вище властивості, отримуємо співвідношення $P_j(a)/P_k(a) \leq 1$, $P_j(a)/P_k(a) = P_j(a)/P_1(P_{k-1}(a)) = ... = P_j(a)/P_j(P_{k-j}(a)) =$ $= P_j(a)/P_{k-j}(P_j(a))$ для будь-яких $j, k \in Z$, $j \leq k$.

Для послідовностей $P_j(a)$, $j = 0,1,2,...$, простих чисел відносно довільного $a \geq 0$ введемо операцію зсуву на $m, m \in Z$, $j + m \geq j_0$, простих чисел у вигляді

$$P_j(a) \oplus m = P_{j+m}(a) = P_m(P_j(a)), \qquad (1)$$

яка за визначенням не виводить за нижню межу заданої послідовності ($j+m \geq j_0$), і операцію n-кратної композиції ($n \in Z$) відношення двох чисел $P_j(a)$ і $P_k(a)$, $j,k \in Z$, $j \leq k$, у вигляді

$$P_j(a)\big/P_k(a) \circ n = P_j(a) \oplus n \big/ P_k(a) \oplus n =$$

$$P_{j+n}(a)\big/P_{k+n}(a) = P_n(P_j(a))\big/P_n(P_k(a)) . \qquad (2)$$

Розглянемо множину невід'ємних раціональних чисел $r(k,n)$, $k,n \in Z$, $0 \leq r(k,n) \leq 1$, які подаються у вигляді відношення двох простих чисел з послідовності відносно числа $a \geq 0$:

$$r(k,n) = P_k(a)/P_n(a),\ k \leq n\ ,\ k,n \in Z\ . \qquad (3)$$

Означення 2. Для заданої множини чисел $r(k,n)$, $k \leq n$, $k,n \in N \cup \{0\}$, множину чисел

$$r_*(k+m,n+m) = \frac{P_k(0) \oplus m_*}{P_n(0) \oplus m}, k \leq n\ ,\ m \in Z\ ,\ k,n \in N \cup \{0\}, \qquad (4)$$

де m_*: $0 \leq m_* \leq m$ при $m \in N \cup \{0\}$, і $m_* \leq m$ при $m < 0$ - найбільше ціле число таке, що $P_k(0) \oplus m \big/ P_n(0) \oplus m \geq P_k(0) \oplus m_* \big/ P_n(0) \oplus m$, будемо називати нижньою спряженою множиною, а множину чисел

$$r^*(k+m,n+m) = \frac{P_k(0) \oplus m^*}{P_n(0) \oplus m}\ ,\ k \leq n\ ,\ m \in Z\ ,\ k,n \in N \cup \{0\}, \qquad (5)$$

де m^*: $m^* \geq m$ при $m \in N \cup \{0\}$ і $m \leq m^* \leq 0$ при $m < 0$ - найменше ціле число таке, що $P_k(0) \oplus m \big/ P_n(0) \oplus m \leq P_k(0) \oplus m^* \big/ P_n(0) \oplus m$, - верхньою спряженою множиною.

Лема. Для довільного раціонального числа r і заданого $n \in N$ існують цілі числа $a \geq 0$, $b \geq 0$ і прості числа з номерами $i^* \in Z$ та $j^* \in Z$ з послідовностей простих чисел відносно a і b відповідно, такі, що для усіх $i,j \in N$, $i \leq n$, $j \leq n$, справедлива нерівність

$$\left| P_{i^*}(a)/P_{j^*}(b) - r \right| \leq \left| P_i(a)/P_j(b) - r \right| . \qquad (6)$$

Розглянемо дві неспадні числові послідовності:

1) $g(n)=\max\{g(n-1),r(n)\}$, $n\in N$, $g(0)=0$, (7)

де $r(n)$, $n\in N$, - відстань між двома найближчими до числа $n\in N$ простими числами $q_s(n), q_{s+1}(n)$, $s\in N$, такими, що $n\ge q_s(n)$, $n<q_{s+1}(n)$, тобто $r(n)=q_{s+1}(n)-q_s(n)$;

2) $p(n)=\max\{p(n-1),l(n)\}$, $n\in N$, $p(0)=0$, (8)

де $l(n)=P_1(n)-P_{-1}(n)$, $n\in N$, $P_{-1}(n), P_1(n)$ - попереднє і наступне прості числа відносно числа $n\in N$.

Для них справедливі такі властивості:

- послідовності $g(n)$, $p(n)$ - неспадні, кусково-постійні з інтервалами сталості $[q_s(n), q_{s+1}(n))$, $s\in N$;

- для усіх $n\in N$ справедливо $l(n)\ge r(n)$ і, як наслідок, $p(n)\ge g(n)$.

Мають місце твердження:

Теорема 1. Нехай для довільного значення $n\in N$ величина $p(n)=\overline{p}$. Тоді справедливі нерівності

$$2n-2\overline{p}+1\le P_{-1}(2n),\ 2n-2\overline{p}+3\le P_{-1}(2n+1). \quad (9)$$

Теорема 2. Нехай для довільного значення $n\in N$ величина $p(n)=\overline{p}$. Тоді справедливі нерівності

$$P_1(2n)\le 2n+2\overline{p}-3,\ P_1(2n+1)\le 2n+2\overline{p}-1. \quad (10)$$

Висновки

У роботі за допомогою спеціальних послідовностей простих чисел запропоновано алгоритм для наближення довільного раціонального числа. Отримано оцінки інтервалів розміщення найближчих до заданого цілого простих чисел.

Література

1. Крэндалл Р. Простые числа. Криптографические и вычислительные аспекты / Р. Крэндалл, К.Померанс. – М.: Либроком, 2011. – 664 с.

УДК 517.9

Про моделювання розповсюдження реклами в межах цільової аудиторії

Івохін Є.В., д.ф.-м.н, проф., Науменко Ю.О., асп., Апанасенко Д.В., асп., Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, ivohin@univ.kiev.ua

У даній роботі змодельовано та досліджено процес розповсюдження реклами шляхом міжособової комунікації в межах заданої цільової аудиторії. Застосовується модель, яка описує процес спілкування всередині групи людей з метою зацікавити рекламною продукцією якомога більше користувачів. Ефект розповсюдження рекламної інформації оцінюється за допомогою спостереження за зміною ставлення до реклами кожної особи з цільової аудиторії шляхом врахування середнього значення відношення до реклами в оточенні учасника групи та довіри до кожної особи з оточення. Для опису проникнення (розповсюдження) інформації у соціальній групі використовується модель міжнейронного процесу обміну.

Вступ

Процеси, що відбуваються у природі та суспільстві, характеризуються хаотичною динамікою, моделювання якої призводить до появи нових математичних структур та схем, яким властива статистична (неповна) повторюваність.

При реалізації алгоритмів моделювання соціальних процесів розрахунки потребують значних витрат часу. Тому для подальшого використання методики необхідна розробка варіантів оптимізації роботи алгоритмів, а також створення нових методів формалізації процесів, що відбуваються з урахуванням особливостей розповсюдження інформації. Це особливо важливо в сучасних умовах широкого впливу засобів соціальних мереж на інформаційні процеси у суспільстві.

Одним з прикладів прикладних досліджень у цьому напрямку є аналіз та оптимізація ефективності реклами. Прийнято вважати, що вимірювання ефективності реклами є досить складною проблемою. Деякі дослідники вважають її нерозв'язною, інші пропонують як прості, так і складні рішення. Проте, абсолютно усі дотримуються думки, що вимірювати ефективність реклами необхідно.

Формалізація процесу розповсюдження реклами на основі моделі нейроподібного обміну інформацією

Розглянемо соціальну мережу S, що складається з заданої ($N = n + 1$) кількості користувачів. Усі користувачі (нейрони), що представляють вузли мережі, обмінюються між собою повідомленнями (пакетами даних). Математичну модель функціонування обміну інформацією в рамках мережі можна сформувати на основі підходу [1], що використовується для моделювання процесів у нейронах і часто застосовується при дослідженні задач з імпульсним впливом.

Маємо цільову аудиторію, що складається з заданої кількості N людей, об'єднаних у соціальну мережу. Кожна людина знайома або має можливість спілкуватися з певною кількістю n_i, $i = \overline{1, N}$ інших людей з цієї аудиторії. Без обмеження загальності вважається можливим, що існують такі номери $k = \overline{1, N}$ користувачів мережі, для яких $n_k = N - 1$. З іншого боку, зрозуміло, що, якщо дописувач мережі *i* знайомий з дописувачем *j*, то й *j* буде знайомий з *i*. Таку структуру можна представити графом, де кожна вершина графа представляє собою людину-користувача, а ребро між двома вершинами означає те, що ці люди знайомі або спілкуються між собою. Цей граф можна задати симетричною матрицею інцидентності розмірності *N*x*N* $R = \{r_{ij}\}$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, N}$, що складається з 0 та 1, де 0 на позиції *ij* означає, що людина *i* не знайома з людиною *j*, а 1 – що людина *i* знайома з людиною *j*.

Кожну людину з цільової аудиторії характеризує також набір додаткових параметрів. По-перше, кожен неоднаково ставиться до побаченої/почутої реклами: в даній моделі кожна людина має свій коефіцієнт I_i, I_i є [0,1], $i = \overline{1, N}$, що відображає її сприйнятливість до реклами. По-друге, кожен по-різному сприймає вплив з боку свого мережевого оточення. Визначимо вектор, що задає рівень довіри *i*-ї людини до кожного з її дописувачів, у вигляді $T_i = (t_{i1}, t_{i2}, ..., t_{iN})$, $i = \overline{1, N}$, де $t_{ij} \in [0,1]$, $t_{ij} = 0$, якщо відповідне $r_{ij} = 0$, r_{ij} – *j*-й елемент *i*-го рядка матриці *R*, $t_{ii} = 1$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, N}$.

Припустимо, що на початку процесу моделювання процесу розповсюдження реклами проведено певну рекламну кампанію. Розглянемо, яким чином буде змінюватися рівень розповсюдження реклами серед заданої цільової аудиторії, враховуючи описані вище умови.

Задамо певний поріг сприйнятливості до реклами L, $L \in [0,1]$. При цьому будемо вважати, що реклама ефективно впливає на людину i, якщо її ставлення $I_i \geq L$. Введемо вектор H, $H = (h_1, h_2, ..., h_N)$, де $h_i = 0$, якщо $I_i < L$ та $h_i = 1$ при $I_i \geq L$. Цей вектор характеризує ставлення осіб з цільової аудиторії до конкретної рекламної акції, що була проведена до моменту початку спілкування.

Далі вважаємо, що у мережі відбувається спілкування користувачів між собою. Сприйнятливість до реклами кожного з учасників може з часом змінюватись в залежності від ставлення до цього оточення. При цьому, зрозуміло, відбувається також корегування елементів вектору $H(t)$, $t > 0$, $H(0) = H$. Зміну сприйнятливості за часом $I_i = I_i(t)$, $i = \overline{1, N}$, $t > 0$, описуємо у формі моделі зміни стану нейроподібного елементу [1]

$$\frac{dI_i(t)}{dt} = \frac{1}{n_i + 1} \sum_{j=1}^{N} t_{ij} I_j(t) - I_i(t), \; i = \overline{1, N}. \tag{1}$$

Зміна ставлення до реклами кожної людини з цільової аудиторії спостерігається дискретно. Поклавши без обмеження загальності інтервал дискретизації $\Delta t = 1$, отримуємо рівняння наступного вигляду:

$$I_i(t+1) - I_i(t) = \frac{1}{n_i + 1} \sum_{j=1}^{N} t_{ij} I_j(t) - I_i(t), \tag{2}$$

або остаточно

$$I_i(t+1) = \frac{1}{n_i + 1} \sum_{j=1}^{N} t_{ij} I_j(t), \; i = \overline{1, N}. \tag{3}$$

Тобто, на кожному послідовному кроці перераховуються коефіцієнти ставлення до реклами кожної особи з цільової аудиторії за допомогою середнього значення думки оточення людини з урахуванням рівня її довіри до кожної особи з заданого оточення.

В результаті отримуємо новий набір значень $I_i(t)$, $i = \overline{1, N}$, $t > 0$, та обчислюємо новий вектор $H(t)$, $t > 0$, відповідно до порогу L.

Якщо на деякому кроці виконується співвідношення $H(t) = H(t-1)$, $t \geq 1$, тобто реклама більше не вплинула на жодну особу з цільової ау-

диторії, або, якщо вектор $H(t)=(1,1,...,1)$, тобто усі особи вже знаходяться під впливом реклами, – алгоритм моделювання процесу розповсюдження реклами зупиняється.

Врахування негативного ставлення до реклами

Ускладнимо модель впливу та розповсюдження реклами в межах цільової аудиторії. Логічним є припущення, що не всі люди позитивно ставляться до реклами, а їх відношення може змінюватись не лише від нейтральності до позитивності. Для відображення переходу до негативного ефекту в процесі розповсюдження реклами будемо використовувати наступний підхід.

Аналогічно порогу сприйнятливості L введемо порогів рівень Z, що відповідає за негативне відношення до реклами. Таким чином, якщо на певному кроці сприйнятливість i-ї людини до реклами $I_i(t)$ стає меншою за Z ($I_i(t) \le Z$), то вважаємо, що дана особа починає негативно ставитися до реклами. Негативне відношення до реклами не впливає суттєво на хід алгоритму моделювання. З тим самим інтервалом дискретизації $\Delta t = 1$ на кожному кроці відбувається, як і раніше, зміна вектору $H(t)$, $t > 0$, що характеризує вплив реклами на осіб з цільової аудиторії. При цьому, використовуючи поріг Z, можна спостерігати за зміною негативного ставлення до процесу розповсюдження реклами.

Таким чином, на кожній ітерації можна порахувати кількість людей, що перейшли до позитивного ставлення, та кількість людей, що стали негативно відноситися до реклами. Позначимо через $E^+(t)$, $t > 0$, - кількість осіб, для яких у проміжок часу $[t-1,t]$ справедливі нерівності $h_i(t) > h_i(t-1)$, $i=\overline{1,N}$, а через $E^-(t)$, $t > 0$, - відповідно, кількість осіб, для яких $h_i(t) < h_i(t-1)$, $i=\overline{1,N}$.

На основі величин $E^+(t)$ та $E^-(t)$, $t > 0$, можна записати критерій ефективності розповсюдження реклами, що фактично є аналогом рентабельності:

$$E(t) = 1 + \frac{E^+(t) - E^-(t)}{N}, \; t > 0. \tag{4}$$

За допомогою такого критерію маємо можливість зробити висновки щодо ефективності рекламної кампанії у довільний момент часу $t > 0$;

визначити ефективність реклами за певний інтервал часу, як середню зважену оцінку, що базується на значеннях даного критерію в кожний момент часу з цього проміжку; та, порівнюючи між собою значення ефективності на різних інтервалах часу, зробити загальні висновки щодо розвитку та успішності рекламної кампанії.

Виходячи з вигляду запропонованої формули (4), зрозуміло, що усі значення критерію знаходяться в проміжку [0,2]. Величина критерію $E(t)$ =1 трактується як така, за якою ефективність реклами має нейтральний ефект (викликає рівну кількість позитивних та негативних відгуків) у цільовій аудиторії. При значеннях $E(t)$ >(<) 1 ефективність реклами має відповідний позитивний (негативний) ефект.

Врешті, необхідно звернути увагу на залежність запропонованого алгоритму від вибору пологових значень L та Z, а також від величин рівнів довіри до кожної особи з оточення, що подаються векторами T_i, $i=\overline{1,N}$. Відповідні дослідження можливі з використанням, наприклад, елементів теорії динамічного соціального впливу Латане [2].

Висновки

У даній роботі змодельовано та досліджено процес розповсюдження реклами шляхом комунікації в межах заданої цільової аудиторії.

Запропонований підхід використовує оригінальну методику моделювання процесу проникнення (розповсюдження) впливу реклами на задану цільову аудиторію. Використовується підхід, що базується на моделі обміну інформацією у мережі нейроподібних елементів. Моделювання процесу здійснено за умов можливості спілкування кожної особи аудиторії з довільною кількістю інших учасників мережі. Отримання результатів формується за допомогою заданого набору довіри користувачів один до іншого і заданого порогового рівня сприйнятливості реклами осіб цільової аудиторії.

Розроблено алгоритм імітаційного моделювання процесу розповсюдження реклами, що базується представленні елементів мережі у вигляді графа, вершини якого описуються параметрами сприйнятливості до реклами та взаємної довіри.

Література

1. *Jang J.S., Sun C.T., Mizutani E.* Neuro–Fuzzy and soft computing. – N.Y.: Prentice Hall, 1997. – 176 p.
2. *Nowak A., Szamrej J., Latané B.* From private attitude to public opinion: a dynamic theory of social impact// Psychological Review, 1990, vol. 97, pp. 362–376.

UDC 519.635.8

The construction of dynamic motion of the cervical vessels based on MRI images.

Kovalchuk-Kimuk L, Tereshchenko I. The National Technical University of Ukraine Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine. khl1956@gmail.com ,tereshchenkio.igor@gmail.com

In the paper, built surfaces of vessel behavior in different time steps allowed for calculating its dynamic motion. Missed information in the bifurcation point is restored due to separate modeling of the vessel's central line and shape movement. In addition, static images of full problem areas were used to help identified missed information. Interactive level sets initialization based on the Fast Marching Method. This includes a brand new method for selecting a vascular segment comprised between two points automatically ignoring side branches, no parameters involved.

Introduction

There are a number of three-dimensional human organ models that contribute to the creation of personalized medicine, as they facilitate disease diagnosis, planning of surgical interventions, and predicting treatment outcomes [1]. This study, proposed methods for deriving individual vessels' geometry using MRI images. As original MRI images were not appropriated for spatial model reconstruction due to the different kinds of noise and insufficiency of information of vessel behavior between layers. Additionally, techniques of image filtration and recognitions were carried out based on deconvolution approaches.

Segmentation and Geometric analysis

A gradient computation modality based on upwind finite differences allows the segmentation of small (down to 1.2 pixels/diameter) vessels [2].

1. Using VMTK python libraries to develop, additional function for MRI filtration and segmentation by the means of *scikit-image* libraries allowed the establishing of the accurate contour (fig. 1 and fig. 2).

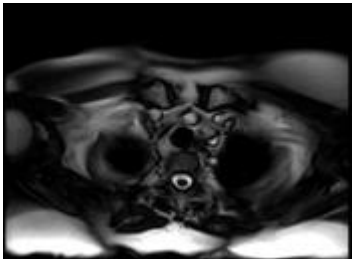

Fig. 1. Original MRI image

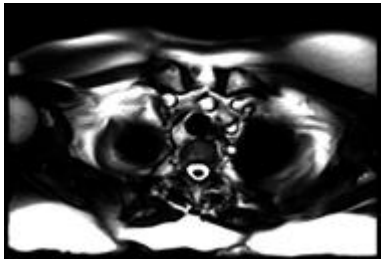

Fig. 2. Contour selection

The contour' thickness can be entered manually or calculated minimal possible value to define the vessel area. There was a possibility to set thickness equals to zero, in this case pixels, which surrounded vessels change artificially due to some algorithm to make segmentation (VMTK procedure) more accurate. Obtained results are presented in fig. 3

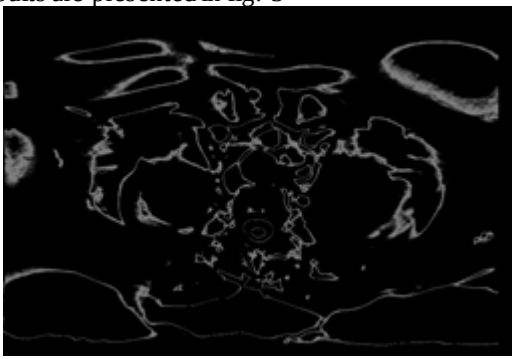

Fig. 3. Segmented MRI image

Using Gabor filter banks for texture classification this allowed to make the segmentation not only by brightness of pixels but also by the structure of biological tissue. With additional functions this allowed to determine the inner and outer surface of vessels, where its thickness was not less than two pixels.

This approach allowed the segmentation of areas with unmoral structure and could be expanded as additional tool for diagnostic. For example, researchers can search similar structures to user-defined patterns as on fig. 4, where patterns demonstrated bone and tissue.

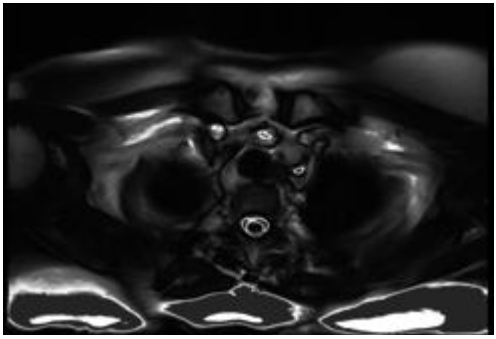

Fig. 4. Segmentation by pattern

Dynamic motion of centerlines

The building of dynamic motion of centerlines in different time steps were needed to perform vessels' surface motion. In areas of bifurcation, as there was no information obtained from MRI images, gaps between vessels connected artificially according to centerlines behavior. Centerline-i, where i – time step, separated on three parts in bifurcation point: root, main vessel part and subsidiary vessel. Each part divided on equal segments (red points on fig. 5).

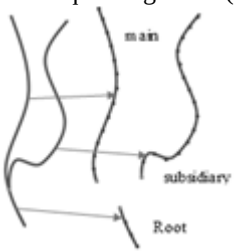

Fig. 5. Centerline division

All the parts for different time step had equal count of segments that connected by curves to each other. These curves are spatial movement of centerlines (fig. 6).

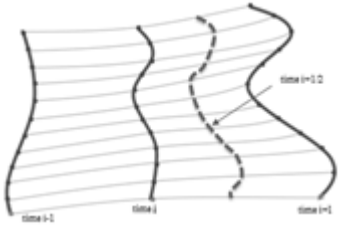

Fig. 6. Centerline evolution

The building of spatial movement on vessel based on few stages. First stage, Shi–Tomasi corner detection algorithm established characteristic points of all vessels projection on MRI image. This task is similar to task of shape recognition and allowed exclude situation when initial set of point were chosen wrong and simplify main procedure as there is no need to estimate suitable points and their number for each case.

Second stage, ORB feature detector, binary descriptor and robust matching using RANSAC defined the correspondence between different projections [3].

Third stage, build the evolution of each point of projection as a vector (red one on fig. 7) build from center point of image. For different time each of such vector have length and angle of rotation relative to center point. Spline interpolation on these parameters allowed to build such vectors for required time. Obtained new point:

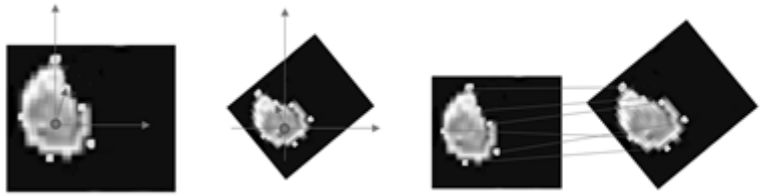

Fig. 7. Correspondences of vessel' points

Assuming that all contour points are interconnected by springs were build model, which shows the correspondence between the intervals limited by characteristic points. Compression and stretching contour was characterized by different point's concentration fig. 8. Tracking all points and using interpolation were obtained dynamic motion of each contour in time.

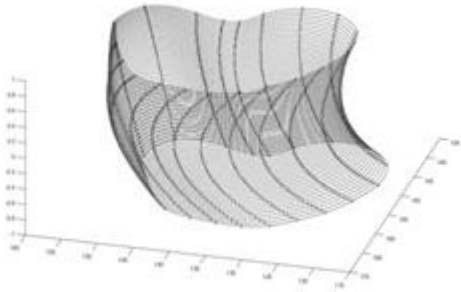

Fig. 8. Spring model

Conclusions

DICOM image texture classification allowed to make the segmentation not only by brightness of pixels but also by the structure of biological tissue. This approach allowed the segmentation of areas with unmoral structure and could be expanded as additional tool for diagnostic.

Implementation of spring model in contour building allowed to model compression and stretching of vessel and can be expanded to describe biological viscoelasticity.

Lack of information in the point of bifurcation demanded interpolation techniques with smoothed surface during dynamic model building. Comparing pre- and postoperative DICOM images complicated by different positions of patient and complete coincidence of images in time. Only interpolated surfaces were compared.

References

1. *Tai-Hsien Wu, Dewei Qi*. Lattice-Boltzmann lattice-spring simulations of influence of deformable blockages on blood fluids in an elastic vessel. Computers & Fluids, In Press, Corrected Proof, Available online 3 April 2017
2. *Jana Dornheim, Heiko Seim, Bernhard Preim*. Segmentation of Neck Lymph Nodes in CT Datasets with Stable 3D Mass-Spring Models: Segmentation of Neck Lymph Nodes. Academic Radiology, Volume 14, Issue 11, November 2007, Pages 1389-1399.
3. *Li Kuo Tan, Yih Miin Liew*., Convolutional neural network regression for short-axis left ventricle segmentation in cardiac cine MR sequences. Medical Image Analysis, Volume 39, July 2017, Pages 78-86

УДК 681.3:519.68

Оптимізація алгоритму упорядкування графу дидактичної онтології

Копилова В. Ю., к.т.н., доц., Титенко С. В.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, vika.copilova@gmail.com

В роботі визначено поняття дидактичної онтології, приведено можливі алгоритми пошуку шляху в графі дидактичної онтології, показано результати роботи алгоритмів, порівняння побудованих шляхів.

Вступ

В наш час людина повинна постійно розвити свої вміння та навички, щоб освоювати новітні технології, відповідати постійно зростаючим потребам ринку, а також доросла людина потребує індивідуального підходу до навчання відповідно до вже отриманих навичок, досвіду.

Системи безперервного навчання орієнтуються на постійне вдосконалення і цілісний розвиток людини як особистості протягом усього її життя, підвищення можливостей в трудовій та соціальній сфері. Інформіційно-навчальні системи безперервного навчання повинні мати такі характеристики: індивідуалізація та адаптивність до попередніх знань учня, на основі цього було поставлено зачачу побудови індивідуального шляху проходження навчання на основі онтології предметної області.

Оптимізація алгоритму упорядкування графу дидактичної онтології

Дидактична онтологія

Онтологія – специфікація деякого предмета, а саме формальне та декларативне представлення, яке містить покажчик на терміни предметної області та логічні вирази, які описують значення термінів, їх співвідношення[1]. Сучасні онтології містять багато понять, тому вони часто мають формат, який зручно обробляти комп'ютерними програмами, а також мають строгу логічну базу.

Під дидактичною онтологією будемо розуміти зважений граф,

вершини якого є поняття, ребра – відношення дидактичного слідування, а вага – фактор впевненості деякого відношення. Поняття вказує на деякий об'єкт предметної області, що представляється для вивчення студентові. Відношення дидактичного слідування між поняттями вказує на порядок слідвання понять. Для побудови дидактичної онтології було використано модель застосування нечіткої логіки для розв'язання проблеми визначення дидактичної черговості едементів.

Задачею роботи є оптимізація впорядкування графу дидактичної онтології, а саме побудови шляху між поняттями, які потрібні студентові для вивчення обраної предметної області. Метод побудови шляху було вирішено вдосконалити за допомогою модифікації топологічного сортування.

Огляд існуючих методів

Топологічне впорядкування орієнтованого графа – це лінійне впорядкування його вершин таким чином, що для кожного натравленого ребра G = {u,v} з вершини u до вершини v, таким чином що вершина u передує вершині v[2]. Топологічне сортування можливо лише у випадку, коли граф немає орієнтованих циклів, тобто застосовується лише для орієнтованих ациклічних зважених графів.

Топологічне сортування можна реалізувати багатьма способами, а саме:

1. Алгоритм Кана[3]. Метод має ряд недоліків, через які не оптимально використовувати його при впорядкуванні графу дидактичної онтології. Алгоритм Кана потребує багато ресурсів та є асимптотично складним для реалізації. Оскільки при виборі вершини з множини немає конкретних правил, то отримана послідовність вершин для того самого графу, буде різною.

2. Алгоритм Прима – алгоритм побудови мінімального ациклічного зв’язаного підграфу. Асимптотична складність методу $O(n^2)$, Алгоритм Прима може бути вдосконалений за допомогою використання масиву суміжності $O((n+m) \log n)$ або кучі Фибаначі $O(m + n \log n)$[4].

3. Алгоритм пошуку в вглиб перераховує все досяжні з кореня дерева s (якщо по ребрах йти) вершини в порядку зростання відстані від s. відстанню вважається довжина (число ребер) найкоротшого шляху. У процесі пошуку проглядаються всі сусідні вершини, потім сусіди сусідів тощо У процесі пошуку з графа виділяється частина, для кожної вершини якої шлях з кореня в дереві пошуку буде одним з найкоротших шляхів в графі[5].

4. Алгоритм Тарьяна потребує складності O(n) та використовує алгоритм пошуку вглиб[6]. Алгоритм на початковому кроці позначає усі вершини білим, під час заходу вершина та вершини, знайдені пошуком вглиб, позначають сірими, після виходу вершину позначають чорним кольором. Якщо при проходженні алгоритму наступної вершини знайдено сіру, то знайдено цикл і робота припиняється.

Алгоритми топологічного сортування не є оптимальними для обраної предметної області, тому що не враховують особливості графу дидактичної онтології.

Метод виділення семантичного ядра[7]. Семантичне ядро — набір ключьових понять, які найсильніше пов'язані з іншими поняттями курсу. Алгоритм враховує дидактичні особливості предметної області, але потребує багато ресурсів.

Оптимізація алгоритму семантичного ядра

Алгоритм пошуку семантичного ядра було вирішено оптимізувати за допомогою додавання топологічного сортування пошуком вглиб:

1. Знайдемо семантичне ядро графу дидактичної онтології, а саме вершину, в яку входить найбільша кількість ребер. Задамо результуючу множину як семантичне ядро.

2. Знайдемо множину понять-вершин графу, які передують семантичному ядру. Знайдену множину впорядкуємо відповідно до ваги ребер. Знайдений підграф відсортуємо методом топологічного впорядкування вглиб. Додамо до результуючої множини відсортований підграф.

3. Знайдемо множину понять-вершин графу, що розсташовані після семантичного ядра. На отриманому підграфі виділимо ядро підграфу та рекурсивно виконуючи пункт 2.

4. Перевірити чи відповідає розмір послідовності кількості цільових зв’язаних понять. Якщо ні, по черзі запустити пункти 1-3 для зв’язаних понять, що досі не в послідовності.

5. Додати до послідовності незв’язані поняття.

Порівняння отриманих результатів

Топологічне сортування є одним з найкращіх методів впорядкування графів, але під час впорядкування графу дидактичної онтології він не враховує особливості графу, не враховує кількість вхідних ребер від кожної вершини, тому шлях, побудований цим алгоритмом не є оптимальним. На відміну від топологічного сортування, оптимізований алгоритм виділення семантичного ядра орієнтований на предметну область – систему безперервного навчання. На рисунку 1 представлено граф дидактичної онтології та наведено шляхи, побудовані топологічним сортуванням та алгоритмом виділення топологічного сортування(таблиця 1).

Рисунок 1. Зважений направлений граф дидактичної онтології

Алгоритм виділення семантичного ядра було оптимізовано за допомогою сортування підграфів алгоритмом топологічного сортування, тим самим кількість ресурсів та час роботи алгоритму стала меншою(таблиця 2) за рахунок використання меншої кількості ресурсів. За часом виконання топологічне сортування є найбільш оптимальним, але не виконує вимоги до предметної області.

Шлях побудований завдяки виділенню семантичного ядра враховує особливості дидактичної онтології, тому розміщує поняття-вершини, які не вимагають додаткового опрацювання вершин попередників, відповідно до ваги ребер.

Таблиця 1. **Шляхи проходження графу топологічного сортування та алгоритмом виділення топологічного сортування**

Шлях проходження графу дидактичної онтології - Матриця	
Топологічне сортування	**Семантичне ядро**
Матрица	Матрица
Одинична матриця	Одинична Матриця
Матриці О та Е	Матриці О та Е
Обернена матриця	Ранг матриці
Властивості оберненої матриці	Властивості рангу матриці
Базісний мінор	Обернена матриця
Ранг матриці	Властивості оберненої матриці
Вдастивості рангу матриці	Базісний мінор

Таблиця 2. **Час виконання алгоритмів сортування графу "Матриця"**

Топологічне сортування	Семантичне ядро з використанням топологічного сортування	Семантичне ядро
462841 нано секунд	990125 нано секунд	4969632 нано секунд

Висновки

Проаналізовано існуючі методи впорядкування графів, можливість застосування їх до предметної області – автоматизованих систем навчання. Було обрано метод, який орієнтується на особливості предметної області. Метод семантичного ядра було оптимізовано за допомогою додавання топологічного сортування підграфів в середені графу, тим самим кількість вирористаних ресурсів була зменьшеною.

Література

1. David M. Mount, The Lecture notes: Design and Analysis of Computer Algorithms. [Електроний ресурс] / Dept. of Computer Science, University of Maryland, 2004. — Режим доступу: http://www.cs.umd.edu/ mount/451/Lects/451lects.pdf . - сс.30-38
2. Вирт Н. Алгоритмы + структуры данных = программы / Н. Вирт — М.: Мир, 1983, — 406с.
3. Кнут Д. Искусство программирования Т. 1. Основные алгоритмы / Д. Кнут — М.: Вильямс, 2000, - 736с.
4. Кофман А., Фор Р. Займемся исследованием операций / А. Кофман, Р. Фор — М.: Мир, 1966, - 262с.
5. Кнут Д. Искусство программирования Т. 1. Основные алгоритмы / Д. Кнут. — М.: Вильямс, 2000, — 736с.
6. Кнут Д. Искусство программирования Т. 3. Сортировка и поиск / Д. Кнут — М.: Вильямс, 2000.
7. Титенко С. В. Побудова семантичного конспекту і понятійного довідника курсу [Електроний ресурс] / С.В. Титенко. — Режим доступу: http://www.setlab.net/?view=dissertation-2-3-4.

UDC 004.021

The Intelligent Decision-Making Support System (IDMSS) for packing and placing objects based on optimization methods

Sergii M. Kopychko, assoc.prof.; Iryna A. Shubenkova, assoc.prof., PhD; Alina D. Shmarkunenko, student

This paper concerns the tasks of optimal packing and placing of objects. The methods and algorithms of effective solution of the problem are grounded. The ways for further research are proposed as well.

Introduction

General scheme of the inverse-convex programming problem includes range of formalized mathematical models of the problems of packing and placing various objects in space. These problems have a wide practical application. Unlike traditional methods of classical mathematics, when solving problems [4,5] numerically, it becomes possible to significantly increase their dimensions and remove many restrictions on the shapes and sizes of objects.

There are various approaches to the numerical solution of these problems. Individual specific packaging problems are often considered and solved [6-8]. In this paper, we review the approaches to solving these problems, in particular, we consider an approach based on the formulation of the packing problem in the form of a general optimization problem of inverse-convex programming and its solution by a modified linearization method [3]. In this paper, we review the approaches to solving these problems, in particular, we consider an approach based on the formulation of the packing problem in the form of a general optimization problem of inverse-convex programming and its solution by a modified linearization method [3].

For reasons of clarity of the graphical representation, the paper does not give examples of problems for R^n spaces, where $n > 3$. Only a few tasks that seemed interesting to be examined will be presented in this paper.

Combined method for solving the problem of convex programming

Consider the following problem:

$$\min_x \{ f(x) \mid f_j(x) \le 0;\ j = 1,...,m;\ x \in M \}, \tag{1}$$

where $x \in R^n$, $f(x)$ and $f_j(x)$, $j = 1,...,m$ are convex continuous functions, M - Convex polyhedron. We denote by x^* the solution of problem (1). When the Slater condition is satisfied, x^* and Lagrange multipliers of problem (1) $u_j, j = 1,..,m$, exist.

For an arbitrary convex function *f(x)* its subdifferential at a x point exists, we denote it by $\partial f(x)$. Elements of a convex compact set $\partial f(x)$ will be denoted by $f'(x)$, then assume that the rule that puts an element $f'(x) \in \partial f(x)$ into the correspondence with the point x is chosen. Algorithms can differ by the rule of choice $f'(x)$, which affects the effectiveness of a particular implementation of the algorithm, but its convergence does not depend on it.

If we define a convex function $\varphi(x) = \max_j f_j(x)$, then problem (1) is equivalent to the problem

$$\min_x \{ f(x) \mid \varphi(x) \le 0;\ x \in M \}. \tag{2}$$

We introduce the penalty function

$$\Phi_N(x) = f(x) + N \max\{0, \varphi(x)\}, N > 0.$$

The algorithm for solving problem (1) is described. Let the starting point $x_1 \in M$ and the number $N > 0$ be given, and the original array X_1 consists of a single point x_1.

If the array X_k and the number N_k are constructed, then the array X_{k+1} and the number N_{k+1} are determined by this rule. We calculate $\bar{x}_k$ from the condition $\min\{\Phi_{N_k}(x_i) \mid x_i \in X_k\}$, we set $N = N_k$ and solve the auxiliary problem of quadratic programming in space R^{n+2}:

$$\begin{aligned}
&\min_{x,\xi_1,\xi_2} \frac{1}{2}\left\|x-\bar{x}_k\right\|^2+\xi_1+N\xi_2 \\
&f(x_i)+(f'(x_i),x-x_i)\le\xi_1, i=1,...,k, \\
&\varphi(x_i)+(\varphi'(x_i),x-x_i)\le\xi_2, i=1,...,k, \\
&\xi_2\ge 0, x\in M.
\end{aligned} \tag{3}$$

Consider $X_{k+1}=X_k\bigcup\{x_{k+1}\}$,

$$N_{k+1}=\begin{cases} N_k, & если \quad \xi_2^k=0, \\ 2N_k, & если \quad \xi_2^k>0, \end{cases}$$

where x_{k+1}, ξ_1^k, ξ_2^k is the solution of problem (3).

Starting with some sufficiently large number k, N_k will be a constant N and $\xi_2^k=0$.

In addition, we have the equality

$$\lim_{k\to\infty}\left[\Phi_N(x_k)-(\xi_1^k+N\xi_2^k)\right]=0.$$

Hence, the vector $p_k=x_{k+1}-\bar{x}_k$ satisfies $\lim\limits_{k\to\infty}\left\|p_k\right\|=0$. At the limit point of the sequence $\{x_k\}\subset M$, necessary and sufficient conditions for the extremum are fulfilled, and the criterion for stopping the iterative process is $\left\|p_k\right\|\le\varepsilon$, $\varepsilon>0$ [2].

A combined method can lead to unlimited growth of array X_k points. Some of these points do not play a role in the final process of finding the solution of the problem. Therefore, there is a procedure to reject constraints that are not essential for solving, which makes it possible to significantly reduce the dimensionality of the quadratic problem (3) solved at each iteration.

The constructed combined method, unlike the well-known methods for solving smooth problems, does not include the choice of a step multiplier along the direction of descent.

Methods for Solving Problems of back-convex programming

Consider the following problem:

$$\max_{x}\left\{f_0(x) \mid \quad f_i(x) \geq 0, \quad i=1,\ldots, m\right\}, \tag{4}$$

where $x \in R^n$, $f_i(x)$, $i=0,1,\ldots,m$, - convex continuous functions. In spite of the fact that functions $f_i(x)$ are convex, problem (4) is not convex in the usual sense and it is impossible to assert the uniqueness of its solution. It is multi-extremal.

Let $D=\left\{x: \quad f_i(x) \geq 0, \quad i=1,\ldots,m\right\}$ be an admissible set of problem (4). Suppose that $x_0 \in D$ is the starting point. If the point x_k is already built, the new point is calculated as

$$x_{k+1}=x_k+p_k \,. \tag{5}$$

The vector $p_k = p(x_k)$ determines the direction of motion in the iterative process and is the solution of the following quadratic programming problem:

$$\min_{p \in R^n}\left\{-(f_0^{'}(x_k), p)+\frac{1}{2}\|p\|^2 \mid (f_i^{'}(x_k), p)+f_i(x_k) \geq 0, \quad i=1,\ldots,m\right\}. \tag{6}$$

It is essential that the step factor in the direction of motion is not calculated, but is immediately assumed to be equal to unity.

In [3] it is proved that all the points of the iteration sequence (5) $x_k \in D$, $k=1,\ldots;$ in each of them the auxiliary problem (6) has a unique solution $p(x_k)$; with $k \to \infty$, $\|p_k\| \to 0$ and at any limit point of the sequence (5) the necessary conditions for the extremum and the constraints of problem (4) are satisfied. On the basis of these statements, the iteration process (5) stops when $\|p_k\| \leq \varepsilon$, where ε is the given accuracy of the solution of the original problem (4).

Let $u^i(x_k), i=1,...,m$, be the Lagrange multipliers corresponding to the auxiliary problem (6). They are the solution of the problem dual to problem (6):

$$\min_{u\in R^m}\left\{-\frac{1}{2}\left\|f_0^{'}(x_k)+\sum_{i=1}^{m}u^i f_i^{'}(x_k)\right\|^2+\sum_{i=1}^{m}u^i f_i(x_k) \mid \quad u^i\geq 0, \quad i=1,...,m\right\}. \quad (7)$$

The solutions of problems (6) and (7) are related by

$$p(x_k)=f_0^{'}(x_k)+\sum_{i=1}^{m}u^i(x_k)f_i^{'}(x_k). \quad (8)$$

The problem (8) is reduced to the form:

$$\min_{u\in R^m}\left\{\ \phi(u)\mid u^i\geq 0, \quad i=1,...,m\right\}, \quad (9)$$

where $\phi(u)=-\frac{1}{2}(u,Cu)+(d,u)$, $C-m\times m$ is a symmetrical matrix with elements $c_{i,j}=(f_i^{'}(x_k))^T f_j^{'}(x_k)$, $i,j=1,...,m$, and the components of the vector are given by $d^i=-(f_0^{'}(x_k))^T f_i^{'}(x_k)+f_i(x_k)$, $i=1,...,m$.

Obviously, problem (9) has simpler restrictions than problem (6). Therefore, the problem (9) is solved, and the direction vector p_k is calculated by the formula (8).

The method for solving problem (9) is described in detail in [10]. This is the final method, which refers to the methods of the active set.

Examples of tasks

To solve the presented problems, the Packing software package was used, in which it is possible to choose the type of the task, which is determined by its formalized mathematical model, to set the initial position of the objects under consideration and to indicate their sizes.

1. The problem of determining the ball of the smallest radius containing the given balls of different radii.

Let there be m balls $S_{r_i}(x_i)$, $i = 1,...,m$, with centers $x_i \in R^n$ and radii r_i. It is required to find a ball of the smallest radius containing these balls. If R is the desired radius of this sphere, and x is its unknown center, then formally the problem can be written as follows:

$$\min_{R,x,x_i} \left\{ \mathrm{R} \mid \begin{array}{l} \|x_i - x_j\| \geq r_i + r_j, \quad i < j, \quad i, j = 1,\ldots,m, \\ \|x_i - x\| \leq R - r_i, \quad i = 1,\ldots,m. \end{array} \right\}. \qquad (10)$$

Here the first C_m^2 (number of combinations from m to 2) constraints of the problem represent the condition of non-intersection of given balls, and the second group of m constraints means that the specified balls do not exit beyond the boundaries of the ball.

As a result of solving the problem (10), we must obtain the coordinates of the centers of the optimal location of the packaged balls, the coordinates of the center and the radius of the ball containing them.

We first consider a plane case in R^2 space. Let there be 9 circles of the same radius and one circle, whose radius is twice as large. It is necessary to find a circle of minimum radius containing these circles. Consequently, the problem has 23 unknowns and 55 limitations.

The graphic image of the circles in the initial position and the position of the circles in the solution points, given by the package, are shown in Fig. 1. It is visually obvious from the figure that the optimal solution has been obtained.

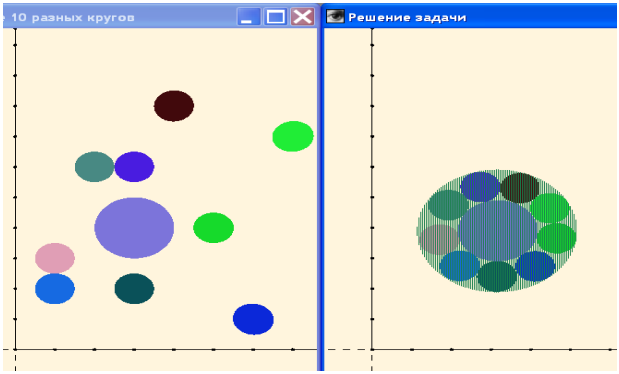

Fig. 1. 10 circles packing of different radii in a circle of minimum radius

The solution is obtained with accuracy $\|p_k\| \le 0.5 \cdot 10^{-2}$.

In three-dimensional space we give an example of packing 21 equal balls into a ball of the smallest radius. The dimensions of this problem are as follows: the number of unknowns is 67, the number of restrictions is 231.

In Fig. 2 there is a graphic representation of the balls: on the left - the initial position, on the right - the position of the balls in the solution and the ball into which they are embedded. It can be seen from the figure that the outer sphere is very tightly accommodating the given balls.

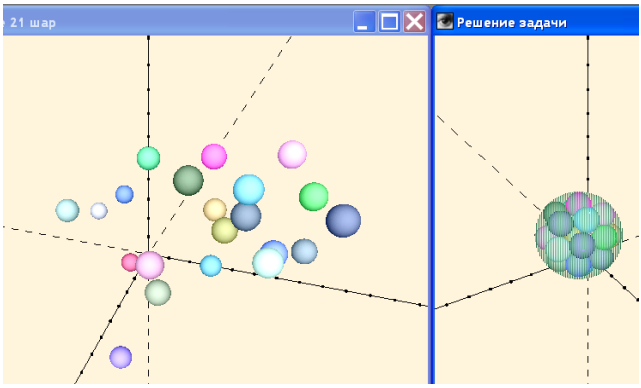

Fig. 2. 21 packing balls into a ball of minimum radius.

2. The problem of packing balls in a box with a minimum sum of sides. It is required to pack balls $S_{r_i}(x_i), \quad i=1,...,m$,, with centers $x_i \in R^n$ and radii r_i in a parallelepiped, the sum of the sides of which is minimal. If the unknown sides of the parallelepiped are denoted as $\xi^k, \quad k=1,...,n$,, then the problem formally reduces to the following optimization problem:

$$\min_{\xi^k, x_i} \left\{ \sum_{k=1}^{n} \xi^k \;\middle|\; \begin{array}{l} \|x_i - x_j\| \geq r_i + r_j, \quad i<j, \quad i,j=1,...,m, \\ r_i \leq x_i^k \leq \xi^k - r_i, \quad i=1,...,m, \quad k=1,...,n \end{array} \right\}. \qquad (11)$$

This problem is considered for the example of packing 16 circles of the same radius in a rectangle with a minimum sum of sides.

A graphical image of the beginning and the ending of the iteration process (5), (6) is given in Fig. 3. The left part of the figure shows the circles in the initial position, on the right part there are the circles at the solution points and the resulting optimal rectangle into which they are packed.

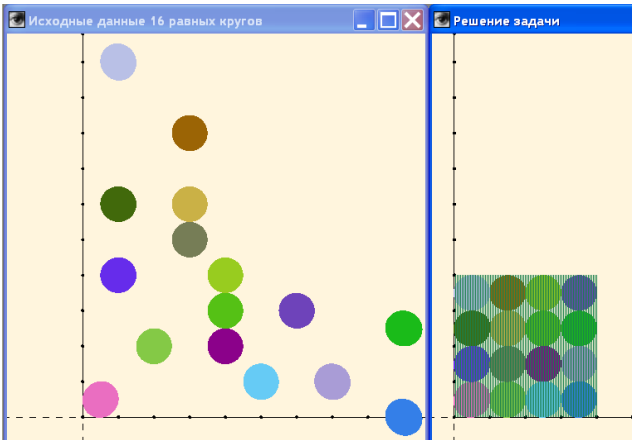

Fig. 3. 16 circles packing in a box with a minimum sum of sides.

3. The problem of optimal parallelepipeds packing.

Let the parallelepiped in R^n space be defined by the center $x \in R^n$ and the vector of the semi-axes $a \in R^n$; i.e. parallelepiped $C_a(x)$ is defined by a system of inequalities

$$C_a(x) = \left\{ y \in R^n \mid \left\| y^i - x^i \right\| \le a^i, \qquad i = 1,...,n \right\}. \tag{12}$$

Let us formulate the problem of optimal parallelepipeds packing. We consider disjoint parallelepipeds.

Let there be m disjoint parallelepipeds $C_{a_j}(x_j), \quad j = 1,\dots,m$,, and a container $C_A = \left\{ y \in R^n : \quad 0 < y^k \le A^k, \quad k = 1,...,n \right\}$,, into which these parallelepipeds should be placed. Here A^k are the components of the vector $A \in R^n$ that determines the dimensions of the container. It is assumed that the parallelepipeds can only be moved by a parallel shift. Let us denote $\xi^k, \quad k = 1,...,n$ the values of the parallelepipeds crossing the container boundary on each side $A^k, \quad k = 1,...,n$. Then we obtain the following optimization problem:

$$\min_{\xi^k, x_i} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{k=1.}^{n} \xi^k \mid \quad \sum_{k=1}^{n} f_\varepsilon \left(\left| x_i^k - x_j^k \right| - (a_i^k + a_j^k) \right) \ge 0, \quad i < j, \quad i, j = 1,\dots,m; \\ \qquad x_i^k - a_i^k \ge 0, \quad i = 1,\dots,m, \quad k = 1,\dots,n, \\ \qquad x_i^k + a_i^k \le A^k + \xi^k, \quad i = 1,\dots,m, \quad k = 1,..,n \end{array} \right\}. \tag{13}$$

Comment: it can be seen from formulas (13) that for quantities $\xi^k, \quad k = 1,\dots,n$, both positive and negative values are allowed. This allows not only to find the centers of optimal stacking of parallelepipeds, but the dimensions of the container itself, if they are unknown. To do this, it is sufficient to set the values $A^k, \quad k = 1,...,n$, arbitrarily, and then, having the problem solved, correct them based on the values $\xi^k, \quad k = 1,...,n$ obtained.

As an example, let us consider the problem in three-dimensional space. Suppose we have a container of the following sizes: $A^1 = 3$, $A^2 = 2$, $A^3 = 3$ and 10 disjoint parallelepipeds of different shapes and orientations. They need to be packed in a container in such a way that the sum of the values indicating the container boundaries crossing was minimal.

In the left part of the image there are container and parallelepipeds placed in the initial position. It can be seen from the figure that all parallelepipeds are not completely located inside of the container.

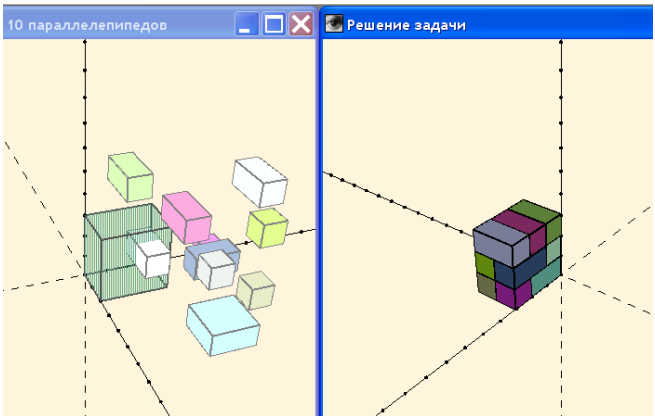

Fig. 4. 10 different parallelepipeds packing into a given container

4. The problem of the optimal cargo packing in an airplane.

Let there be m cargoes for transportation by air. Cargo weights m_i, $i = 1,...,m$, and the center of gravity of the aircraft, defined by the vector $x_* \in R^n$ are known. To ensure a normal maneuver of the airplane, the cargo must be packed in the container available in the aircraft so that when the load is increased the displacement of the known center of gravity of the aircraft x_* is minimal.

Let us suppose that the cargo and the container of the aircraft are parallelepipeds. We match the origin of the coordinate axes to the point x_*. If it does not coincide with the center of the container, then the semi-axes of the container are not equal to each other. Let $A^k \geq 0$, $k = 1,\ldots,n$ be the semi-axes of the container, which correspond to negative coordinate axes, and

$B^k \geq 0$, $k = 1,\ldots,n$ - positive. Cargoes are determined by their centers x_i, $i = 1,\ldots,m$, and semi-axes a_i, $i = 1,\ldots,m$, i.e. . $S_{a_i}(x_i) = \left\{ y_i \in R^n : \left| y_i^k - x_i^k \right| \leq a_i^k, \quad i = 1,\ldots,m, \quad k = 1,\ldots,n \right\}$. In space, loads can only be moved by a parallel shift. Let's denote ξ_i^k, $i = 1,2$, $k = 1,\ldots,n$ - the values of the cargo crossing beyond the boundaries of the container on each side and introduce a vector α with components α^k, $k = 1,\ldots,n$, which can take the values 0 or 1. Then formally the problem of packing cargo in an airplane is reduced to the following optimization problem:

$$\min_{x_i,\xi_i^k} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{k=1}^{n} (C_1^k \xi_1^k + C_2^k \xi_2^k) + C \sum_{k=1}^{n} \left(\dfrac{\sum_{i=1}^{m} m_i x_i^k}{\sum_{i=1}^{m} m_i} - x_*^k \right)^2 \\ x_i^k - a_i^k \geq A^k - \alpha^k \xi_1^k, \quad k = 1,\ldots,n, \quad i = 1,\ldots,m, \\ x_i^k + a_i^k \leq B^k + \xi_2^k, \quad k = 1,\ldots,n, \quad i = 1,..,m, \\ \rho_\varepsilon(S_{a_i}(x_i), S_{a_j}(x_j)) = \sum_{k=1}^{n} f_\varepsilon\left(\left|x_i^k - x_j^k\right| - (a_i^k + a_j^k)\right) \geq 0, \; i < j, \; i, j = 1,..,m \end{array} \right\}, \quad (14)$$

where C, C_i^k, $i = 1,2$, $k = 1,..n$ - weight coefficients. The first two groups of restrictions show that the cargoes must not go outside the container, and the non-intersection conditions are specified using the quasi-distance function $\rho_\varepsilon(x,y) = \rho_\varepsilon(S_a(x), S_b(y))$.

The algorithm (5), (6) is applicable for any $x \in R^n$. Because the cargoes are packed in an airplane, then $n = 3$. If the origin of the coordinate axis is combined with the projection x_* onto the plane x^1, x^2, i.e. put $A^n = C_1^n = \alpha^n = 0$ in (14), then the cargoes will be laid on the container floor around the projection of the center of gravity.

As an example, the problem of packing 8 cargoes on the floor of a container into a plane of the IL-76 type was considered. Fig. 5 shows a graphical image of the cargo position at the beginning (left) and at the end (right) of the iteration process (5). It is clearly seen, that at first all the loads lie outside the container, and in the end they are all inside the container.

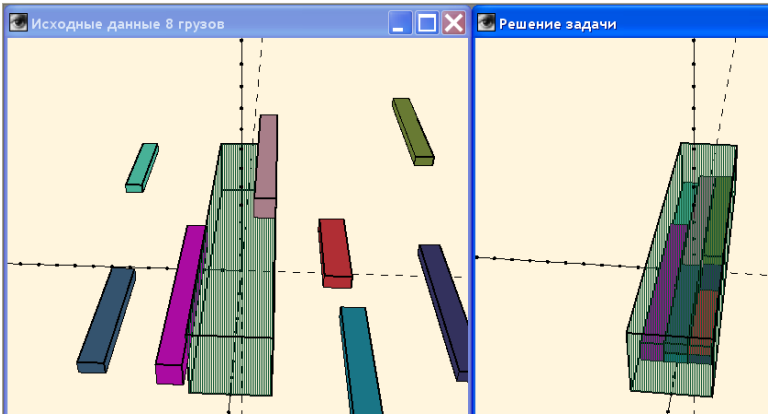

Fig. 5. 8 cargoes placing in the aircraft container.

Conclusions

Examples of problems of convex and inverse convex programming have shown the possibility of using a well-known linearization method developed for solving smooth optimization problems by Academician B. Pshenichny in a nonsmooth optimization.

The calculations of specific problems of packaging and placing of objects that demonstrate the effectiveness of the described modification of the linearization method are described. For the solution of problems the Packing application software package was developed, based on the formalized mathematical models of packing problems and modification of the linearization method. This package can be used as an integral part of the intelligent DMSS for solving the problems of packing and placing objects during the transportation.

This approach can also be used to solve the tasks of assembling 3D objects in containers of various shapes.

References

1. *Pshenichnyiy B.N.* Metod linearizatsii. – M.: Nauka, 1983. – P.136.

2. *Pshenichnyiy B.N., Nenahov E.I., Kuzmenko V.N.* Kombinirovannyiy metod resheniya obschey zadachi vyipuklogo programmirovaniya // Kibernetika i sistemnyiy analiz. – 1998. – #4. – P. 121-133.
3. *Pshenichnyiy B.N., Sobolenko L.A.* Metod linearizatsii dlya obratno-vyipuklogo programmirovaniya // Kibernetika i sistemnyiy analiz. – 1995. – #6. – P.86-97.
4. *Tot L.F.* Raspolozheniya na ploskosti, na sfere i v prostranstve. – M.: Fizmatgiz, 1958. – P.363.
5. *Konvey Dzh., Sloen N.* Upakovka sharov, reshetki i gruppyi. – M.: Mir, 1990. – 1,2. – P.791.
6. *Stoyan Yu.G., Pridatko D.I.* Upakovka razlichnyih krugovyih tsilindrov v parallelepipede // Dop. NAN UkraYini. – 2004. – #4. – P. 27-32.
7. *Pinter J. D.* Nonlinear optimization with GAMS/LGO // J. of Global Optimization. – 2007. – V. 38, N 1. – P. 79-101.
8. *Guanglu Zhou, Kim-Chuan Ton, Jie Sun,* Efficient Algorithms for the Smallest Enclosing Ball Problem // Computational Optimization and Applications. – 2005. – V.30, N2. – P. 147-160.
9. *Sobolenko L.A.* Kompleks programm Packing dlya resheniya zadach upakovki i razmescheniya ob'ektov / Tezi dopovIdey trinadtsyatoYi MIzhnarodnoYi naukovo-tehnIchnoYi konferentsIYi. VInnitsya, 25-28 veresnya 2006 roku. VInnitsya, UNIVERSUM – VInnitsya, 2006. – P.362.
10. *Pshenichnyiy B.N., Danilin Yu.M.* Chislennyie metodyi v ekstremalnyih zadachah. – M.: Nauka, 1975, – P.320.
11. *Pshenichnyiy B.N., Sobolenko L.A.* Metod obratno-vyipuklogo programmirovaniya i ukladka parallelepipedov // Kibernetika i sistemnyiy analiz. – 1996. – #3. – P.16-26.

УДК 004.421

Подходы к созданию персонифицированных дистанционных учебных курсов на основе мультиагентных технологий

Коровин М. Д., Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара, Россия, maks.korovin@gmail.com

Системы дистанционного образования позволяют реализовать адаптацию процесса обучения к индивидуальным характеристикам обучаемых, освобождают преподавателей от ряда трудоемких и часто повторяющихся операций по представлению учебной информации и контролю знаний, способствуют разработке объективных методов контроля знаний и облегчают накопление учебно-методического опыта. В статье рассмотрена классификация автоматизированных систем обучения, приведены некоторые популярные модели организации курсов в системах дистанционного обучения на основе мультиагентных технологий.

Введение

Дистанционное образование – форма организации образовательного процесса, базирующаяся на принципе самостоятельного обучения студента. Отличительной характеристикой дистанционного обучения является, удаленность обучаемых от преподавателя в пространстве и (или) во времени, в то же время с сохранением возможности поддерживать диалог с помощью средств телекоммуникации.

В работе рассмотрено создание персонифицированных учебных программ на основе мультиагентной системы. Под агентом понимается программная сущность, способная автономно и рационально решать некоторую задачу. Под автономностью обычно понимают, что агент действует без прямого вмешательства человека или другой управляющей сущности. Под рациональностью понимают стремление агента оптимизировать значение некоторой оценочной функции.

Классификация обучающих систем

На рис. 1 представлена классификация автоматизированных обучающих систем [1]. В рамках настоящей статьи наибольший интерес пред-

ставляет собой подход к созданию автоматизированных обучающих систем на основе мультиагентного подхода с адаптацией по объекту и цели обучения, когда управление учебным процессом осуществляется коллективом агентов, каждый из которых в отдельности обладает всеми свойствами традиционных обучающих систем. Под объектом понимается опыт и знания учащегося как субъекта учебной деятельности. Коллектив агентов при этом составляется каждый раз под конкретного обучаемого, под его цели обучения и с учётом накопленного багажа знаний.

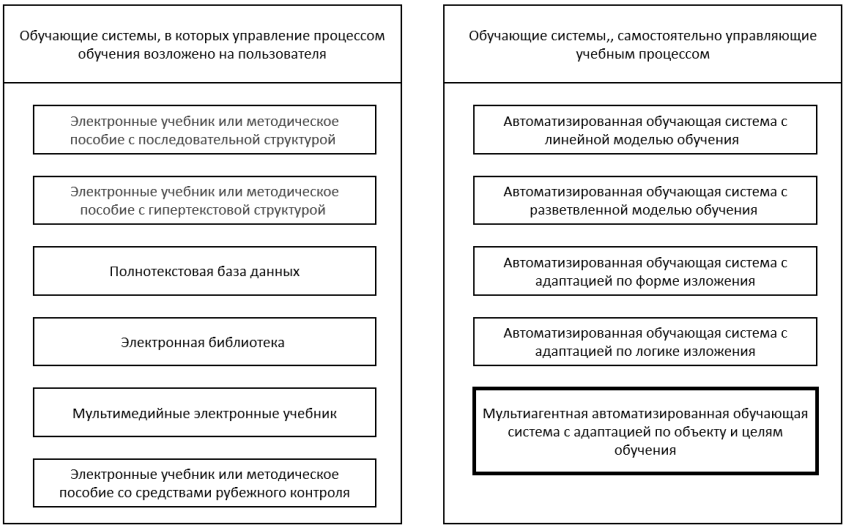

Рис. 1. Классификация автоматизированных обучающих систем

Суть мультиагентных технологий заключается в принципиально новом методе решения задач. В отличие от классического способа, когда проводится поиск некоторого четко определенного (детерминированного) алгоритма, позволяющего найти наилучшее решение проблемы, в мультиагентных технологиях решение получается автоматически в результате взаимодействия множества самостоятельных целенаправленных программных модулей — так называемых программных агентов.

В основе мультиагентного подхода лежит понятие мобильного программного агента, который реализован и функционирует как самостоятельная специализированная компьютерная программа или элемент искусственного интеллекта [2].

Основной формой организации взаимодействия между агентами, характеризующаяся объединением их усилий для достижения совместной

цели при одновременном разделении между ними функций, ролей и обязанностей, является кооперация [3].

Подходы к организации курса

Контентно-ориентированный подход

Контентно-ориентированный подход, также часто называемый подходом к построению учебного курса на основе компетенций, предполагает создание учебного курса путём предварительного разделения знаний в предметной области курса на отдельные блоки, для каждого из которых определяется набор поддерживаемых компетенций. После этого определяются задачи курса и указываются ресурсы, необходимые для освоения материала (Рис. 2) [4].

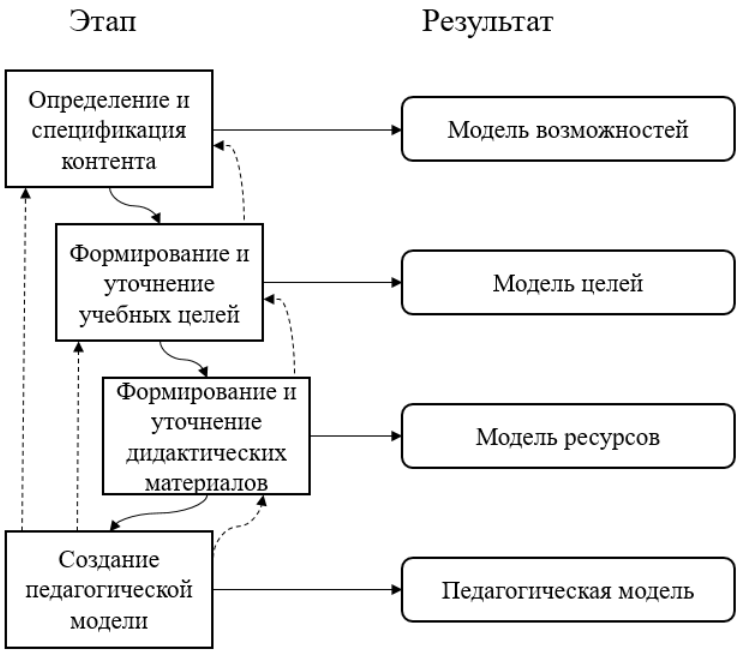

Рис. 2. Контентно-ориентированный подход к формированию учебного курса

Преимуществом такого подхода является гибкость получаемых образовательных курсов и относительная простота внесения изменений в

план обучения. Основным недостатком контентно-ориентированного подхода можно назвать трудоёмкость описания предметной области, необходимого для работы системы, так как подобный подход предполагает наличие избыточного количества учебного материала, используемого при составлении курса.

Подход на основе готового курса

В рамках этого подхода создание учебного курса происходит по заранее готовому плану, то есть заранее определены все основные темы и разделы. Персонификация курса осуществляется путем подбора тем, в наибольшей степени удовлетворяющих потребности конкретного студента. Комбинация учебных блоков, оставляющих эти темы, формирует учебный курс. На последнем этапе к каждому учебному блоку подбирается соответствующий дидактический материал [5].

Преимуществом этого подхода является общая структурированность курса и заранее ограниченный используемый объем знаний предметной области.

Подход на основе материала

Подход на основе учебных материалов предполагает индексацию имеющихся дидактических материалов курса с точки зрения их применимости для изучения тех или иных вопросов учебной дисциплины. При этом предполагается, что учебный план дисциплины уже создан. Персонификация учебного курса в рамках такого подхода заключается в подборе подходящего набора дидактических материалов для изучения дисциплины [6].

Архитектура системы

Предполагается использование многоуровневой архитектуры, в рамках которой каждый уровень будет представлен отдельным агентом-планировщиком, взаимодействующим с остальными в ходе работы системы. Под взаимодействием понимается взаимный обмен информацией. Схема взаимодействия агентов представлена на рис. 3.

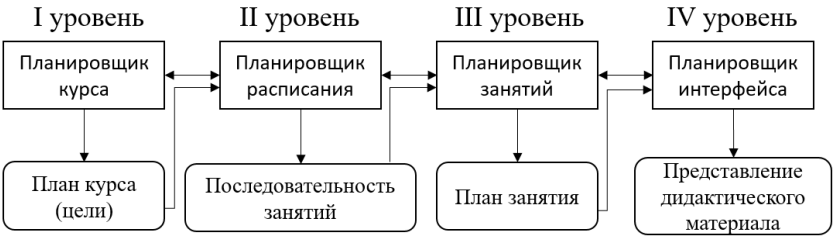

Рис. 3. Архитектура автоматизированной системы обучения

Использование агентной архитектуры, когда каждый агент представляет собой конечный автомат, позволяет осуществлять динамическое управление учебным планом, оперативно реагируя на результаты контроля усвоения знаний курса, что выгодно отличает подобные системы от традиционных планов, учитывающих только начальный уровень подготовки обучаемого. В качестве начальных условий для работы системы используются результаты предварительного контроля знаний студента, позволяющие оценить, какие темы программы освоены им в наименьшей степени. Адаптация курса в процессе работы над ним осуществляется по результатам промежуточного контроля знаний.

На первом этапе агент-планировщик курса составляет план курса в форме графа, обеспечивающий достижение учащимся своей образовательной цели. При этом предполагается, что студент стремится освоить максимальный объем курса, отдавая предпочтение наименее освоенным его областям, что позволит ему в результате достичь максимального медианного уровня знаний по всем контрольным вопросам учебной программы. На втором этапе, агент-планировщик расписания динамически генерирует последовательность занятий на основе плана курса. Агент-планировщик занятий «наполняет» каждое занятие информационными блоками. Последний слой системы представлен агентом, управляющим интерфейсом системы. Студент в процессе работы взаимодействует со всеми уровнями системы, так, например, в результате промежуточного контроля знаний может быть выявлена необходимость внести изменения в план курса.

Предмет исследования

Объектом исследования в работе являются процессы эффективного освоения студентом учебных дисциплин с учётом идентифицируемых знаний обучаемого, а предмет исследования составляет разрабатываемая система автоматического (автоматизированного) создания персонифици-

рованных учебных программ на примере курса «Онтология проектирования» направления подготовки магистрантов специальности «Самолётостроение» на основе мультиагентного подхода [7].

Выводы

Использование интеллектуальных агентов в системе дистанционного обучения позволяет обеспечить индивидуальный подход к каждому студенту, на основе не только общих требований, но также уровня знаний студента в отдельных вопросах учебного курса. Этот подход представляется особенно актуальным при создании персонифицированных курсов магистерских программ, учебный контингент которых, как правило, состоит из выпускников - бакалавров нескольких специальностей, что обуславливает дополнительную неоднородность уровня знаний студентов.

Литература

1. *Цибульский Г.М., Герасимова Е.И., Ерошин В.В.* Модели обучения автоматизированных обучающих систем, Сетевой электронный научный журнал "СИСТЕМОТЕХНИКА", № 2, 2004 г.
2. *Скобелев П.О.* Онтология деятельности для ситуационного управления предприятиями в реальном времени. «Онтология проектирования», 2012, вып. 1, стр. 6-37
3. Кияев В. И, Герасимов Р. В. Интеллектуальный CRM на базе мультиагентного подхода. «Стохастические методы оптимизации в информатике», 2012, т. 8, вып. 1, стр. 68-79
4. *Luciano Argento, Angelo Furfaro,* "A multi-protocol framework for the development of collaborative virtual environments", Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD) 2015 IEEE 19th International Conference on, pp. 449-454, 2015.
5. *Ferdinand Aruan, Ary Setijadi Prihatmanto, Hilwadi Hindersah, Kuspriyanto,* "The designing and implementation of a problem based learning in collaborative virtual environments using MMOG Technology", System Engineering and Technology (ICSET) 2012 International Conference on, pp. 1-7, 2012.
6. *Roger Nkambou , Froduald Kabanza,* Designing intelligent tutoring systems: a multiagent Planning Approach, ACM SIGCUE Outlook, v.27 n.2, p.46-60, 2001 [doi>10.1145/381234.381246].
7. *Боргест Н.М.* Онтология проектирования: теоретические основы. Часть 1. Понятия и принципы (учебное пособие). – Самара, 2010. СГАУ, - 88 с.

УДК 681.3:519.68

Способ масштабирования кластерного приложения в программно определяемой сети

Кулаков Ю.А., д.т.н., проф., Лопушен Е. Ю., аспирант,

КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев, ya.kulakov@gmail.com, lopushen@gmail.com

В работе предложен способ горизонтального масштабирования распределённого серверного приложения, которое выполняется на кластере в программно определяемой сети. Описан общий подход к масштабированию приложения в SDN, предложены инструменты и алгоритм их взаимодействия. Определено направление дальнейшего усовершенствования способа.

Введение

В современных серверных приложениях важной характеристикой является масштабируемость. Нагрузка может динамически меняться, при этом необходимо рационально использовать имеющиеся ресурсы. Выделение ресурсов достаточных для пиковой нагрузки приводит к простаиванию системы, а при увеличении нагрузки не исключает необходимость масштабирования. Использование программно определяемых сетей вместе с инструментами разработки распределённых приложений позволяет решить проблему рационального использования ресурсов в условиях изменяющейся нагрузки.

Программно определяемые сети

Проблема гибкости традиционных сетей

Традиционные компьютерные сети обычно строятся на основе фиксированной функциональности сетевых устройств. Такие устройства имеют свою специфическую функциональность и могут работать сообща, обеспечивая работу сети. Традиционная сеть более быстрая, так как аппаратное обеспечение, на котором она работает, оптимизировано под конкретную функциональность. Однако, основной проблемой традиционных сетей является гибкость: сетевое оборудование и программное обеспечение в большинстве своём является коммерческим, при этом API часто не обладает нужными возможностями.

Программно определяемая сеть, по сути, является попыткой вынести конфигурацию сети и управление ею в программное обеспечение [1]. Такой подход может снизить скорость работы сети, однако увеличивает гибкость, сеть может взаимодействовать с приложениями согласно их API, что не всегда достижимо в традиционных сетях

Архитектура программно определяемых сетей

Архитектура программно определяемых сетей состоит из пяти основных компонентов[2]

1. Слой приложений содержит приложения для контроля доступа, безопасности, мониторинга сети, балансировки нагрузки, обеспечения QoS и любых других функций для оптимизации работы сети.
2. Интерфейс северного моста соединяет слой приложений со слоем контроллера. Через данный интерфейс слой приложений может отправлять команды контроллеру, например, через REST интерфейс [5].
3. Слой контроллера содержит контроллеры SDN, которые управляют сетевыми устройствами в инфраструктурном слое с через соответствующие протоколы, например, OpenFlow. Контроллеры представляют собой программное обеспечение, управляющее информацией о пересылке пакетов. Именно контроллер располагает информацией о топологии, конфигурации и состоянии сети.
4. Интерфейс южного моста обеспечивает связь между слоем контроллера и инфраструктурным слоем. Примером реализации такого интерфейса является OpenFlow протокол, который предоставляет спецификацию переноса логики управления из сетевого оборудования в контроллер. В частности, протокол OpenFlow используется контроллером с открытым исходным кодом OpenDaylight
5. Инфраструктурный слой содержит всё сетевое оборудование, такое как коммутаторы и маршрутизаторы, функциональность который, в рамках SDN ограничивается лишь пересылкой пакетов согласно определенному набору правил[3].

SDN - это концепция, не зависящая от конкретного набора инструментов. SDN контроллер может быть написан на любом популярном высокоуровневом языке программирования. Так, для языка C существуют такие контроллеры как OVS и Kandoo, для C++ - NOX и ONIX, для Java - OpenDayLight, Floodlight и Beacon, для JavaScript/NodeJS – NodeFlow[2].

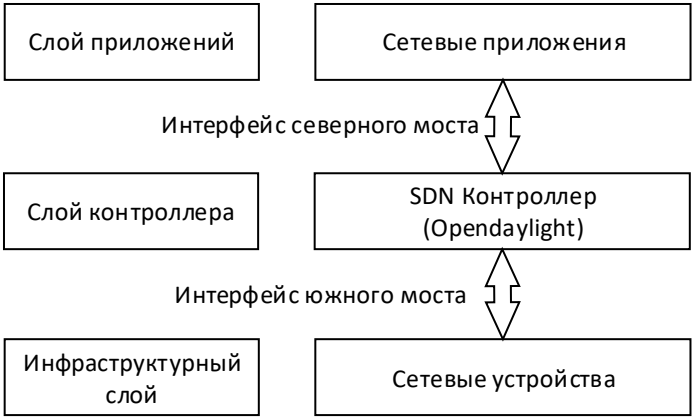

Рис. 1. Архитектура программно определяемой сети

В SDN окружении, приложения, которые взаимодействуют с SDN контроллером, обеспечивают возможность управления и программирования сети. SDN контроллер использует OpenFlow, или другой прикладной программный интерфейс южного моста, для программирования таблицы маршрутизации white box свитчей, и задаёт правила маршрутизации соединений для решения определённой задачи. Благодаря гибкости, в работе с white box свитчами могут также использоваться такие инструменты автоматической настройки как Puppet, Chef и т.д.

Существует два основных "узких места", традиционно выделяемых в современной вычислительной технике: проблема Фон-Неймана (пропускная способность канала "процессор-память" и скорость работы памяти существенно ограничивают скорость работы процессора) и передача данных по сети. Программно определяемые сети добавляют гибкости, однако могут усугубить проблему низкой скорости передачи данных по сети.

Способ масштабирования кластерного приложения

Возможны два варианта масштабирования распределенного приложения: горизонтальное и вертикальное. При вертикальном масштабировании на серверах наращиваются вычислительные ресурсы на одном сервере, при горизонтальном - добавляются узлы кластера. Для современного приложения важна горизонтальная масштабируемость, так как добавление новых узлов – менее затратная операция, часто не требующая

перезапуска приложения, а модернизация отдельного сервера не всегда возможна.

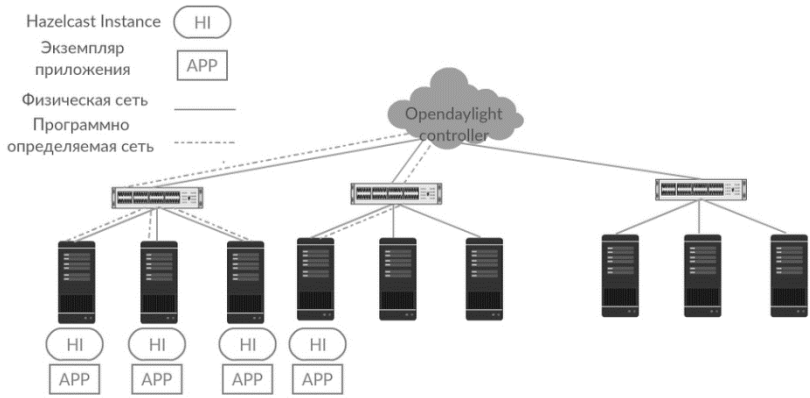

Рис. 2. Кластер с распределённым приложением в программно определяемой сети

Одним из преимуществ программно определяемых сетей является возможность динамически менять топологию сети, добавлять и удалять составляющие. Данной возможностью можно пользоваться для масштабирования кластера с распределённым приложением. Приложение, в свою очередь, следит за доступностью узлов в кластере, например, в заданном диапазоне IP-адресов. При появлении новых узлов, на них запускается скачивание образа приложения и его установка. Для установки приложения на узел кластера целесообразно использовать контейнер [6]. Далее происходит оповещение других экземпляров приложения в кластере и синхронизация данных. Установочный файл приложения может быть скачан с репозитория, доступного из сети, в которой находиться кластер, размещён на узле вручную или любым другим удобным способом. Таким образом, при расширении топологии программно определяемой сети, распределённое приложение горизонтально масштабируется.

Инструменты, используемые в предложенном способе

1. OpendayLight контроллер для работы с программно определяемой сетью на слое контроллера, взаимодействия с сетевым оборудованием, а также для приёма команд от внешнего приложение на изменение топологии сети.
2. Hazelcast для определения узлов кластера, а также для хранения общих данных в оперативной памяти.
3. Docker для установки приложения на узлах кластера.

4. Docker hub в качестве удалённого хранилища образа приложения

Взаимодействие инструментов в процессе масштабирования

OpenDaylight контроллер имеет REST интерфейс, через который клиент имеет возможность задавать топологию сети, запрос может быть отправлен администратором сети, либо программным обеспечением, которое следит за состоянием узлов кластера, например, за загруженностью оперативной памяти. При изменении топологии сети, необходимо определить Listener-класс для OpenDaylight контроллера.

Этапы масштабирования кластерного приложения

1. На контроллер OpenDaylight поступает запрос об изменении топологии сети от системы мониторинга за состоянием приложения, либо от администратора.
2. Класс, слушающий оповещения об изменении топологии сети (Listener-класс изменения flow-таблиц) запускает загрузку артефакта приложения из репозитория Docker Hub и установку приложения при помощи Docker на добавленном узле. Приложение выполняется на отдельной JVM, в каждом экземпляре прижения встроен Hazelcast [4]. В пределах JVM приложения доступен экземпляр класса HazelcastInstance, содержащий информацию о состоянии кластера.
3. Имеющиеся экземпляры Hazelcast определяют, что был добавлен узел.
4. Hazelcast перераспределяет данные в кластере.

Рис. 3. Кластер с добавленными в программно определяемую сеть узлами

Таким образом, при необходимости топология программно определяемой сети и находящегося в ней кластера изменится вследствие запроса,

исходящего от приложения мониторинга состояния системы или администратора сети.

Выводы

Предложенный способ позволяет масштабировать распределенное приложение путём расширения программно определяемой сети в физическом кластере. Определены инструменты, необходимые для реализации описанного способа и алгоритм их взаимодействия. Направления дальнейшей работы: разработка системы критериев, определяющих необходимость масштабирования приложения, разработка и реализация алгоритма выбора серверов, которые будут включены в программно определяемую сеть на основе уже имеющейся нагрузки и доступных ресурсов.

Литература

1. Yeganeh S. H., Tootoonchian A., Ganjali Y. / On scalability of software-defined networking //IEEE Communications Magazine. – 2013. – Т. 51. – №. 2. – С. 136-141.
2. Nunes B. A. A. et al. / A survey of software-defined networking: Past, present, and future of programmable networks //IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2014. – Т. 16. – №. 3. – С. 1617-1634.
3. Kreutz D., Ramos F., Verissimo P. / Towards secure and dependable software-defined networks //Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Hot topics in software defined networking. – ACM, 2013. – С. 55-60.
4. P. Veentjer / Mastering Hazelcast: The Ultimate Hazelcast Book, Palo Alto:Hazelcast, 2016.
5. Bhutkar G. et al. A distributed elastic opendaylight controller in sdn environment.// режим доступу http://integratedjournaltech.com/issue/20160224-003753.285.pdf
6. Merkel D. / Docker: lightweight linux containers for consistent development and deployment //Linux Journal. – 2014. – Т. 2014. – №. 239. – С. 2.

УДК 004.912

Wikipedia Index of scientists' popularity

Lande D.V., Dr. of Sciences, Andrushchenko V.B., Balagura I.V., PhD,
Institute for Information Recording of NAS of Ukraine, Kyiv,
dwlande@gmail.com

The new index of the scientists' popularity estimation is represented in the paper. The index is calculated on the basis of Wikipedia encyclopedia analysis (Wikipedia Index– *WI*). Unlike the conventional existed citation indices, the suggested mark allows to evaluate not only the popularity of the author, as it can be done by means of calculating the general citation number or by the Hirsch index, which is often used to measure the author's research rate. The index gives an opportunity to estimate the author's popularity, his/her influence within the sought-after area "knowledge area" in the Internet – in the Wikipedia.

Introduction

Today scientometric mostly uses several indices, according to which the scientists' rate and their impact on science and society are calculated. Thus, the simplest index is the number author's publications. It is clear that this index does not depict the qualitative parameters that are better reflected in another index - the number of citations. This index doesn't illustrate the overall performance of the author because the author of just the one, but very important work may exceed this indicator in comparison with scientists who regularly publish their results. In 2005 the physician Jorge E. Hirsch from the California University established the most popular index – Hirsch Index.

The principle of its calculation is quite simple, while it combines the advantages of the first and second approaches. The index calculation is based on the distribution of citations of the work of researcher. According to Hirsch scientist has index *h*, if h of his *Np* papers cited at least h times each, while both articles remaining ($Np - h$) quoted no more than h times each. This index gained the support and is used in such scientometric systems as Scopus, Web of Science, and Google Scholar Citations.

At the same time this indicator, which is focused on the scientific importance, significance of the author, not quite fully reflects the overall importance of the results that he/she received. For such an assessment it is appropriate to use non-fiction and open access systems. As one of the approaches to solve this problem, the authors proposed methodology for calculating the new index - the Wikipedia Index of authors' popularity [1].

This index can appear unimportant tool in combination and with other indices can provide a complete picture of influential scientific achievements of the author, not only in the research community, but the overall impact on the formation of perspective and fully understanding of research information by the users.

The network service Wikipedia - the largest and most democratic Internet encyclopedia is considered, access to which does not presume subscription and furthermore the system is available for download in full. Today Wikipedia (www.wikipedia.org) is the most visited site in the Internet. At this time only the English version of Wikipedia contains more than 5 million articles.

A sufficient amount of works and publications are dedicated to the research of subject areas as well as to the Wikipedia service that prove the relevance of the conducted studies [2]. The methods of building networks of co-authors, the definition of significant nodes of the network structure, research citations and appropriate buildings [3] are among them.

Based on the results of the processed data, we can assume the uniqueness of the proposed indices and value of the information that will be obtained by the computations to evaluate the level of certain data in the system of science popularization and accessibility of provided research information on specific issues. The use of indices is appropriate in different directions of evaluation and analysis of scientific activity, can also act as an additional tool for decision making, forming educational programs etc.

The rule of Wikipedia Index computation

The authors suggested the following rules for calculating Wikipedia Index of author's popularity. It is supposed that the references on the author are found in *N* Wikipedia articles.

Sorted by decreasing number of parameters that determine how many times author's name happens in bibliographic references of these articles we will denote as: R_1, R_2, ..., R_N.

Wikipedia Index of author's popularity (*WI*) corresponds to the maximum number of articles (*WH*) of Wikipedia, in which the number of references no more than the *WH* value, which is multiplied by a certain integral function, which is not decreasing (e.g., the square root is considered below) the N, that is:

$$WI = WH \times \sqrt{N} = \max\left(i : R_i > i\right) \times \sqrt{N}$$

Wikipedia Index of author popularity is ideologically close to the Hirsch index; however, it doesn't take into account the number of articles that refer to the author's article and citations to the work of the author and the number of articles from Wikipedia, which contain these data links. Another difference from the

Hirsch index is the multiplication by a function of *N*, reflecting the consideration it provides greater popularity and the more spread of index values for different authors.

It should be noted that the level of popularity of the author must be attached to his subject domain on one hand in order to avoid false counting for homonyms, and on the other - to ensure completeness on subject area.

Algorithm

In the process of the Wikipedia Index calculating there should be provided the procedure of Wikipedia resources scanning, corresponding to the subject area in which the author works. Accordingly, as "adverse product" of the Wikipedia - index computations, a model of the subject domain is being built, the model – is the network – nodes are concepts that represent articles from Wikipedia, and edges – are the hyperlinks between articles.

To implement calculation of Wikipedia Index authors considered the following algorithm to form subject domains according to Wikipedia, avoiding the effect of topic drift):

1. On the main national Wikipedia page in the search line the initial word is given, e.g. (for English version - **Albert Einstein).**
2. The search window opens. It contains information about concept, according to the task on the Step1. The initial word/word combination is a graph vertex, which will be formed as the result of scanning.
3. All terms-concepts corresponding the hyperlinks on the chosen page, are added to the formed graph. All the words/words combinations are the nodes of the graph. The edges to them are formed from the initial node.
4. The next transition is made by the first not involved hyperlink from the examining pages.
5. In text on the page to which the transition has been made the search of shortened researcher's name (e.g., Einstein or tags (e.g., **physics, relativity**) is to be carried out.
6. In case, if there is a shortened researcher's name or tags is found, the transition to the Step 4 is made and accordingly from the node – word/word combination of the current search the new nodes are built.
7. If there is no word/word combination in the text – the given graph branch is considered to be built.
8. The next transition presumes pass to the page, which had been scanned – the word is not added as a graph node, and the feedback to the created node is formed.

9. All the operations under steps 4-9 repeat until the not involved hyperlinks, chosen from the page, are left. In another case the graph is considered to be built.

According to the suggested algorithm the data collection process in Wikipedia from the first node-notion is stopped when according to the algorithm transition to the new node is impossible (there are no more basic nodes for transition), so the "loop" is impossible.

To compute the Wikipedia Index it is necessary to make some changes to the suggested above algorithms, that is on the page, transition to which had been made by the hyperlink (5th Step of the algorithm), the search of author mentions in Publications, References, Further Reading sections is provided.

Herewith, the number of these mentions, which correlates values R_i, is counted. If $R_i = 0$, the article is not important, the concept is defined as the endnote and the transition to the Step 4 is provided. Of course, this rule narrows the scanning of Wikipedia pages list and results the completeness loss, though, as the real computations prove, has little effect on the overall results. Pages dedicated to the scientific concepts and those, which don't contain relevant publications, can be ignored – just skipped. Therewith, the time of Wikipedia target segment is significantly reduced.

As a result of the full network sounding, the sequence R_1, R_2, ..., R_N is formed, which is used to calculate Wikipedia Index, according to the rules above.

Experimental section

The represented algorithms were implemented as a software system, through which the subject domains models and Wikipedia-index are formed. Here are some examples of calculating Wikipedia Indices for three authors: Albert Einstein, Enrico Fermi, Benoit Mandelbrot.

In Fig. 1 shows the Gephi visualization of domain model fragments that were obtained by sounding Wikipedia according to the above algorithm. The parameters of obtained networks (subject domain models); nodes-concepts of Wikipedia are following.

For a network that meets the model of authors' subject domain:

Albert Einstein: nodes – 718, edges – 22111, $WI = 12 \times 11,5 = 138$ (128 articles with the references, WH=12), the largest nodes:

Consept	The node degree
Quantum_nonlocality	188

Alain_Aspect	181
Hermann_Weyl	177
Paul_Dirac	174
Electromagnetic_radiation	174
Isaac_Newton	169
Galileo_Galilei	169
Wolfgang_Pauli	169
General_relativity	167
Antimatter	167

Enrico Fermi: nodes – 605, edges – 22079, $WI = 7 \times 9,6 = 67$ (92 articles with the references, WH=7), the largest nodes:

Consept	The node degree
Enrico_Fermi	440
Nobelium	206
Transuranic_element	206
Particle_physics	204
Mendelevium	204
Einsteinium	204
Berkelium	203
Radioactive_decay	195
Radioactive	190
Particle_accelerators	188

Benoit Mandelbrot: nodes – 34, edges – 259, $WI = 6 \times \sqrt{11} \approx 20$ (11 articles with the references, WH = 6), the largest nodes:

Consept	The node degree
Benoit_Mandelbrot	22
Pattern	20
Chaos_theory	18
Patterns_in_nature	18
Hausdorff_dimension	17
Patterns	16
Fractal	15
Fractal_dimension	15
Fractal_geometry	15
Fractals	15

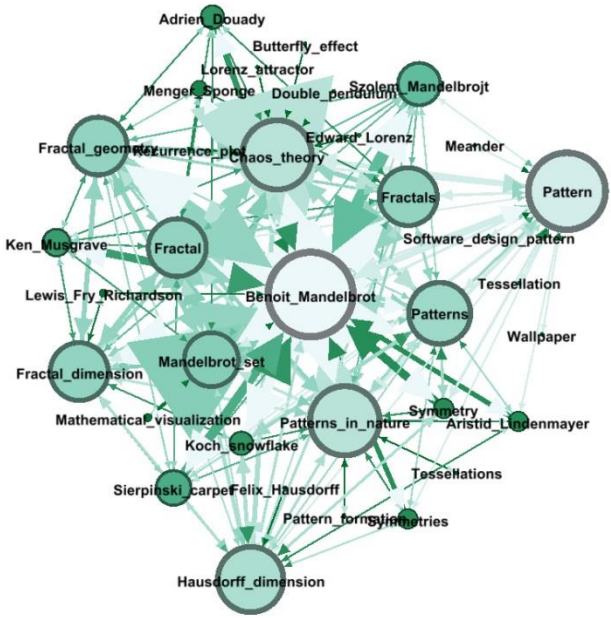

Fig.2. Fragments of subject domain “Benoit Mandelbrot”

There were provided comparisons of the results – Wikipedia Index, calculated on the research and the Hirsch-index, represented by the world’s leading scientometric resources Scopus, Web Of Science and Google Scholar Citations (Table 1).

Table 1. **Comparison of Wikipedia Indices values with the Hirsch-index (Scopus, Web Of Science and Google Scholar Citations)**

N	Scientist	Wikipedia Index	h-index Scopus	h-index Web Of Science	h-index Google Scholar Citations
1.	Albert Einstein	141	36	6	110
2.	Enrico Fermi	67	26	1	49*
3.	Benoit Mandelbrot	20	31	36	90

*Profile missing, the value was calculated for: "E. Fermi" according to the Google Scholar (Google Scholar Calculator) service.

By comparison, we can see and estimate the role of information on research and publications on open-access resources in comparison with data that consider purely scientific information with a certain restrictions set.

Conclusions

The principle of Wikipedia Index forming differs primarily from those, which currently is used in scientometrics with consideration of citation from not only scientific papers but popular service Wikipedia (separately for each language version). This way the index of author's popularity within this service can be obtained. This is an important issue, considering the fact that Wikipedia is currently the largest and most popular encyclopedic resource.

There is suggested the technique of the Wikipedia Index quick calculation, which allows to realize computation as a separate service, and also automatically form the subject domain.

Provided work may be continued by analyzing other resources and the formation of indicators to estimate and analyze the influence in a particular environment. It is also necessary to note a fundamental difference between the proposed approach of automatic subject domains models formation [4] and those that already exist, based on direct participation of experts in selecting specific nodes and links. In cases, as it depicted in the work, the researcher uses only a small share of knowledge represented by the name of the scientist, his writing abbreviated names of several key terms, concepts to construct an appropriate network.

Bibliography

1. Lande D.V., Andrushchenko V.B., Balagura I.V. Wiki-index of authors' popularity // E-preprint ArXiv arxiv.org/abs/1702.04614
2. Zareen Saba Syed, Tim Finin, Anupam Joshi. Wikipedia as an Ontology for Describing Documents, Proc. 2nd Int. Conf. on Weblogs and Social Media, AAAI Press, March 2008., pp. 136-144.
3. Lande, D. V., Snarskii, A. A., Bezsudnov, I. V. (2009), Internetika: Navigation in complex networks: models and algorithms [Internetika : navigatciia v slozhnykh setiakh : modeli i algoritmy], Librokom (Editorial URSS), Moscow, 264 p. (In Russian).
4. Lande D.V., Andrushchenko V.B., Balagura I.V. Formation of the Subject Area on the Base of Wikipedia Service // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems: Proceed. of Intern. sci-tech conf., ISSN 2415-7740; Issue 1 (Minsk, 16-18 feb 2017). – Minsk : BSUIR, 2017. – pp. 211-214.

УДК 004.82:519.68

О языковой поддержке интерфейса пользователя с базами данных и знаний

Летичевский А.А., академик НАНУ, д.ф.-м.н., проф.,
Лялецкий А.В., к.ф.-м.н., с.н.с.
Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАНУ, г. Киев,
Киевский национальный торгово-экономический университет, г. Киев
aaletichevsky78@gmail.com, forlav@mail.ru

Для улучшения языкового взаимодействия пользователя с базами данных и знаний предлагается использовать подход, основанный на разработке и реализации формального языка, дающего возможность формировать и обрабатывать запросы естественного типа и привлекать к обработке информации, хранящейся в базах данных и знаний, машинно-ориентированные средства установления логической выводимости.

Вступление

В настоящее время базы данных и знаний (БДЗ) играют важную роль в развитии общества и социально-экономических и естественных науках, поскольку они являются основным местом хранения, сбора и обработки информации. Для работы с информацией, хранящейся в БДЗ, как правило, используется язык SQL или какая-нибудь из его модификаций, которые являются трудными и неудобными для их применения человеком, не являющимся специалистом в БДЗ с SQL и SQL-подобными компонентами. В результате появился запрос [1] на разработку формальных языков, максимально приближенных к естественным языкам и являющихся более удобными для работы с БДЗ, чем SQL.

В качестве возможного похода к решению этой проблемы в данной работе предлагается использовать идеи, заложенные в Алгоритме Очевидности, инициированном В.М. Глушковым [2] (см. также [3]), и частично отраженные в языке ForTheL [4], который представляет собой ограниченный фрагмент обычного английского языка и служит входным языком системы SAD [5], размещенной на сайте «nevidal.org» с онлайновым доступом к ней и предназначенной для поиска доказательства теорем и/или верификации формализованных текстов.

Краткое описание ForTheL

Чтобы продемонстрировать, что ForTheL-подход может быть полезным при решении рассматриваемой проблемы интерфейса с базами данных и знаний, перечислим основные синтаксические единицы ForTheL, дающие возможность записывать тексты в форме, близкой к используемой в обычных (математических) публикациях.

Как и обычный математический текст, ForTheL-текст содержит определения, предположения, , высказывания, утверждения, теоремы, доказательства и т. д. Грамматика ForTheL-фраз имитирует грамматику обычных английских предложений.

ForTheL-предложения состоят из следующих синтаксических единиц: операторов, предикатов, понятий (обозначающих классы объектов) и термов (обозначающих отдельные объекты). Сами синтаксические единицы состоят из синтаксических примитивов: существительных, которые образуют понятия (например, «subset of») или термов (например, «closure of»), глаголов и прилагательных, задающих предикаты (например, «belongs to», «compact» и т. д.), символьных примитивов, которые используют краткую символьную нотацию для предикатов и функций и позволяют рассматривать обычные бескванторные формулы первого порядка в качестве ForTheL-высказываний. Конечно, только незначительный фрагмент английской грамматики формализован в синтаксисе языка ForTheL.

В языке ForTheL существуют три типа предложений: предположения, селекции и утверждения. Предположения служат для объявления переменных или для предоставления некоторых гипотез для последующего текста. Например, типичными предположениями являются следующие предложения: «Assume that *m* is greater than *n*.» («Предположим, что m больше n.»), «Let *S* be a finite set.» («Пусть *S* есть конечное множество.»). Селекции указывает на существование представителей понятий и могут быть использованы также для объявления переменных. Вот пример селекции: «Take an even prime number *X*.» («Возьмем простое четное число *X*.»). И наконец, утверждения - это просто высказывания, например, «If *p* divides *n* - *p* then *p* divides *n*.» («Если *p* делит *n* - *p*, то *p* делит *n*.»).

Семантика ForTheL-предложения определяется серией преобразований, преобразующих то или иное ForTheL-предложение в соответствующую формулу языка первого порядка для ее последующей обработки либо логическим «движком» системы SAD, либо одним из известных пруверов, «встроенных» в SAD.

Секции языка ForTheL состоят из предложений, предложений с доказательствами, предложений, содержащих рассмотрение случаев, и секций верхнего уровня, которыми являются определения, обогащения сигнатуры, аксиомы, леммы и теоремы. Разделы верхнего уровня представляет собой последовательности предположений, завершающиеся утверждениями. Доказательства, относящиеся к утверждениям и рассмотрению случаев, представляют собой просто последовательности секций низшего уровня.

ForTheL и логическая обработка информации

В настоящее время ForTheL является входным языком системы SAD, предназначенной для автоматического поиска доказательств в классической логике первого порядка. Напомним, что ForTheL разрабатывался как формальный язык, максимально приближенный к ограниченному фрагменту естественного английского языка и дающий возможность построения транслятора ForTheL-текстов в формулу языка первого порядка для проведения их последующей логической обработки средствами системы SAD.

Система SAD обрабатывает ForTheL-текст в соответствии со своей трехуровневой архитектурой. Каждый уровень содержит ряд модулей, обеспечивающих корректность всех проводимых преобразований.

На первом уровне находится модуль парсера, который анализирует входной ForTheL-текст, определяет его структуру, исходя из заданной разметки текста, и устанавливает его логический контент, «закодированный» в утверждениях. Затем он транслирует текст во внутреннее представление. В результате порождается ряд «целевых» утверждений, для каждого из которых должен быть построен логический вывод из соответствующих посылок.

На втором уровне «целевые» утверждения последовательно обрабатываются модулем, названным Резонером системы SAD. В режиме верификации текста этот модуль осуществляет сведение решения рассматриваемой задачи к решению ряда более простых подзадач. Резонер работает в диалоге с модулем поиска доказательства: он может расщепить основную цель на несколько более простых подцелей или выбрать альтернативную цель. Резонер становится избыточным, когда система SAD решает задачу автоматического получения доказательства.

На третьем уровне осуществляется автоматический поиск логического вывода, к выполнению которого может быть привлечен как прувер самой системы SAD, так и один из таких широко известных пруверов, как Vampire, Otter, Prover 9 или SPASS.

На заключительном шаге SAD выводит результат своего сеанса.

Сказанное выше указывает на возможность выполнения сложного и глубокого поиска и обработки информации в базах данных и знаний при реализации в их интерфейсных и логических компонентах идей, которые были использованы при разработке языка ForTheL и системы SAD.

Выводы

Приведенное описание языка ForTheL и идей, использованных при разработке и реализации как его самого, так и системы SAD в целом, не только демонстрирует возможность обеспечения естественности интерфейса пользователя с существующими БДЗ в случае использования описанного выше подхода к его построению, но также указывает на возможность привлечения к обработке данных БДЗ хорошо известных средств и методов логической обработки информации, что может значительно увеличить «интеллектуальность» интерфейса и БДЗ. Также следует отметить, что грамматика ForTheL разрабатывалась с ориентацией на возможность построения расширения ForTheL практически на любую предметную область, которая может быть представлена в виде теории первого порядка. Это еще раз подчеркивает полезность использования ForTheL или ему подобного языка в качестве подходящей языковой поддержки интерфейса пользователя с базами данных и знаний.

Литература

1. Tyagi M. Natural language interface to databases: A survey / M. Tyagi // International Journal of Science and Research. — 2014. — 3(5) . — 1443–1445.
2. Глушков В.М. Некоторые проблемы теории автоматов и искусственного интеллект / В.М. Глушков // Кибернетика. — 1970. — № 2. — С. 3–13.
3. Летичевский А.А. Алгоритм Очевидности Глушкова / А.А. Летичевский, А. В. Лялецкий, М. К. Мороховец // Кибернетика и системный анализ. — 2013. — № 4. — С. 3–16.
4. Vershinine K. ForTheL — the language of formal theories // K. Vershinine, A. Paskevich // International Journal of Information Theories and Applications. — 2000. — 7(3). — 120–126.
5. Lyaletski A. Evidence Algorithm and System for Automated Deduction: A retrospective view / A. Lyaletski, K. Vershinine // Proceedings of the 10th ASIC and 9th MKM International conference, and 17th Calculemus conference on Intelligent computer mathematics, Paris, France, July 05–10, 2010. — 2010. — 411–426.

УДК 004.853

Про нову концепцію рушія онтологокерованої системи дистанційного навчання

Аспірант Ліскін В.О., к.т.н., доц. Сирота С.В.,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

В даній роботі представлено концепцію рушія онтологокерованої системи електронного навчання (ОСЕН), яка базується на “клієнт-серверній” архітектурі та має модульну структуру.

Вступ

Досвід використання системи керування дистанційним навчанням MOODLE [1], аналіз онтологокерованих інформаційних систем [2] та огляд технологій сучасного електроного навчання [3] показали доцільність розробки нового рушія онтологокерованої системи дистанційного навчання.

Електронне навчання сприяє створенню умов для розвитку особистісних якостей студентів в процесі освіти. Воно розглядається як спосіб підвищення ефективності засвоєння навчального матеріалу за рахунок аудіального, візуального, кінестетичного типів сприйняття інформації. Одночасне використання всіх трьох типів сприйняття підводить студента до стереоскопічного сприйняття [4].

Таким чином концепція рушія повина забезпечувати використання всіх трьох типів сприйняття. Разом з тим залишається проблема створення та інтеграції високоякісного контенту, яко повина бути розв’зана за рахунок використання онтологій [5].

Основна частина

Концепція рушія онтологокерованої системи електронного навчання (ОСЕН) базується на “клієнт-серверній” архітектурі та має модульну структуру. Структура ОСЕН представлена на рисунку 1.

В основі клієнтської частини ОСЕН використовується web браузер, який в залежності від типу користувача надає:

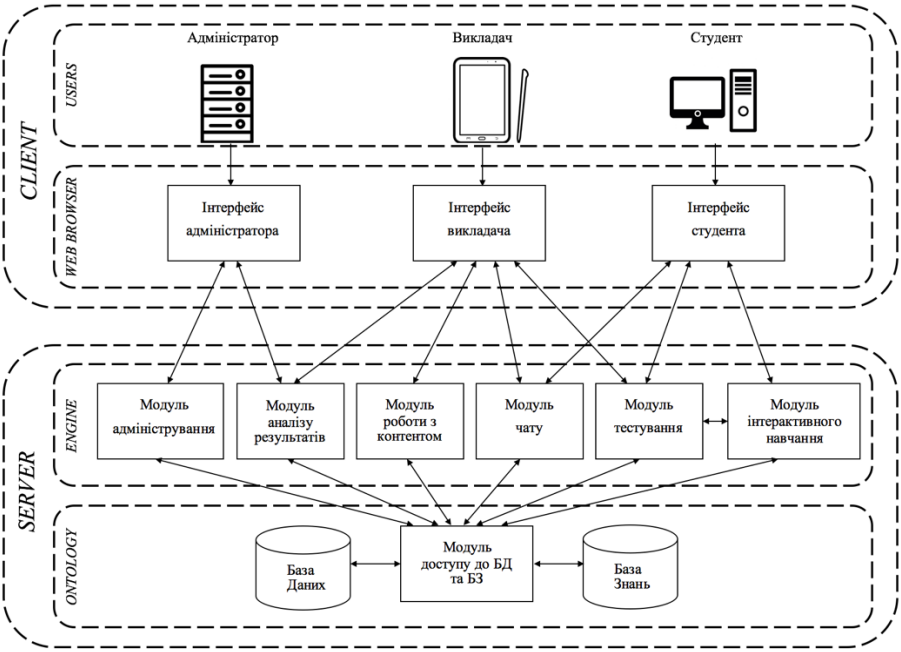

Рисунок 1 – Структурна схема онтологокерованої інформаційної системи дистанційного навчання

– Інтерфейс адміністратора (декан, завідувач кафедри, деканат, тощо). Функції адміністратора в розробленій інформаційній системі полягають в додаванні нових академічних груп, викладачів, навчальних дисциплін та моніторингу якості навчання студентів, аналог сьогоднішнього деканату.
– Інтерфейс викладача (викладач лектор, викладач практичних, лабораторних та семінарських занять, асистент). Функції викладача залежать від типу викладача. В залежності від прав доступу, викладач може редагувати навчальні дисципліни, створювати навчальний контент, генерувати тестові та контрольні завдання, редагувати оцінки, взаємодії з іншими користувачами системи.
– Інтерфейс студента. Функції студента полягають у вивчені обраної навчальної дисциплін, своєчасного проходження моніторингу знань, взаємодії з викладачами, студентами.

Серверна частина розробленої ОСЕН складається з рушія підтримки онтолокерованого навчання бази даних користувачів і результатів навчання та бази знань, яка поєднує онтологію навчальних дисциплін та навчальний контент.

Рушій має модульну структуру, яка дає можливість гнучкого налаштування системи та додавання нових модулів. Основними модулями є: модуль адміністрування, модуль аналізу результатів, модуль роботи з контентом, модуль чату, модуль тестування та модуль інтерактивного навчання.

Навчальний контент за допомогою онтології навчальних дисциплін та мініонтологій тестових завдань зберігається в базі знань, до якої надається доступ через модуль доступу до бази даних та бази знань.

В базі даних зберігається інформація про користувачів системи та протоколи їх дій (logs), результати моніторингу якості знань студентів.

Модуль адміністрування надає можливість додавання нових облікових записів та управління ними, навчальних дисциплін.

Модуль роботи з контентом надає можливість завантажувати контент в зручному форматі (pdf, docx, pptx, html, avi), експортувати та імпортувати онтології навчальної дисципліни в форматі OWL або XML; виявляти міждисциплінарні зв'язки. Також модуль роботи з контентом надає інструментальні засоби розробки контенту навчальних дисциплін та інструментальний засіб генерації обчислювальних завдань та тестових питань.

Модуль інтерактивного навчання надає можливість: студентам переглядати лекційний матеріал в двовіконному режимі (режимі тексту та презентації, відео-лекції) за рахунок виділення основних об'єктів, термінів, концептів теми та їх розмітки та зв'язування, матеріал подається синхронно в двох вікнах; завантажувати та переглядати заплановані викладачем завдання із БЗ (в зручному файловому форматі); виконувати практичні та лабораторні завдання.

Модуль чата розроблено для конструктивної взаємодія "викладач – студент", "викладач – студентство", "студент – студент", "студент – студентство" та розглядається як форма і механізм здійснення процесу навчання в системі дистанційного навчання. В основі такої взаємодії лежить поєднання педагогічного керівництва з ініціативою та самодіяльністю студентів. Це означає, що у навчальному процесі студента домінує у часі ситуація розмірковування – ситуація пошуку, допитливості, сумніву.

Модуль тестування дозволяє інтегрувати з бази знань в систему електронного навчання автоматично згенеровані обчислювальні завдання та тестові питання за допомогою онтології навчальної дисципліни; формувати та заповнювати викладачем завдання для самостійних робіт, тестів та модульних контрольних робіт; поділяти тести на категорії за рівнем складності та доступу; здійснювати автоматичне оцінювання тестів; лімітувати час виконання тестових завдань; захищати відповіді від списування; завантажувати тести із зовнішнього текстового файлу; обмежувати кількість спроб складання тестів.

Модуль аналізу результатів надає змогу проаналізувати успішність кожного окремого студента та академічної групи в цілому, виявити випадки несумлінної поведінки студента.

Модуль доступу до БД та БЗ базується на SQL технологіях та надає необхідні сервіси для експлуатації та підтримки БД та БЗ.

Висновки

На основі проведеного аналізу педагогічних теорій та досліджені існуючих методів представлення знань у вигляді онтологій, була запропонована концепція рушія онтологокерованої системи електроного навчання.

Концерція рушія ОСЕН має «клієнт-серверну» архітектуру та модульну структуру.

Запропоновано використовувати модуль чату як основний засіб взаємодії викладача та студента, модуль інтерактивного навчання – як основний засіб навчання, що використовує двовіконний інтерфейс.

Розроблена концепція рушія ОСЕН реалізує педагогічні принципи, спрямована на становлення особистості конкурентоздатного компетентного фахівця, дозволяє індивідуалізувати та автоматизувати навчальний процес.

Література

1. *Сирота, С. В. Використання системи "Moodle" для викладання дисципліни "Алгоритми і структури даних" – досвід і проблеми [Текст] / С. В. Сирота, В. О. Ліскін // ScienceRise. – 2015. – Т. 9, № 2 (14). – С. 30–35. doi: 10.15587/2313-8416.2015.50610*
2. *Сирота, С. В. Огляд сучасних онтологокерованих інформаційних систем та сервісів і перспективи їх застосування в електронній освіті [Текст] / С. В. Сирота, В. О. Ліскін // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. – Т. 5, № 6 (25). – С. 30–35. doi: 10.15587/2312-8372.2015.51234*
3. *Сирота, С. В. Технологии современного (Е-) образования состояние, перспективы [Текст] / С. В. Сирота. – Kiev–Sofia, 2014.*
4. *Герасимчук О. О. E-learning. Технології електронного навчання : навч. посіб. / О. О. Герасимчук; Луц. держ. техн. ун-т. – Луцьк, 2008. - 430 с. – Бібліогр.: с. 426-429.*
5. *Сирота, С. В. Розробка генератора тестів для "Moodle" на базі онтології [Текст] / С. В. Сирота, В. О. Ліскін // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – 5/2 (77). – С. 44–48. doi: 10.15587/1729-4061.2015.51334*

УДК 681.3

Показник дисфункції референтного словника системи перевірки орфографії і «точковий» алгоритм її узгодженого зниження.

Д.т.н., проф. Литвинов В. А., к.т.н., с.н.с. Майстренко С. Я., Хурцилава К. В.

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Киев, maistrsv@ukr.net

Розглядається задача узгодження критеріїв якості референтного словника системи перевірки орфографії – показника дисфункції і ймовірності хибної помилки. Пропонується алгоритм її вирішення, наводяться результати моделювання.

Вступ

В даний час системи перевірки орфографії (СПО) є як затребуваним самостійним продуктом (ОРФО, Language Tool і ін.), так і обов'язковим компонентом текстових редакторів, пошукових систем, поштових клієнтів, електронних словників і т.п. [1,2]. Центральний елемент таких систем - референтний орфографічний словник (РОС), що містить «правильні» слова деякої предметної області з якими порівнюються слова, що перевіряються.

В [3,4] запропоновані критерії визначення якості РОС. Дисфункція РОС (перший критерій) пов'язана з принциповою неможливістю повного виявлення помилок в словах, що перевіряються, і може бути оцінена показником ρ - відносною кількістю слів, спотворених певними (типовими) помилками, що збіглися з реальними словами. Ймовірність хибного сигналу про помилку (другий критерій) пов'язана з неповнотою словника щодо тезауруса предметної області і може бути оцінена сумарною ймовірністю φ відсутності затребуваного слова в РОС.

Як показано в [3, 4], зменшення обсягу словника при інших рівних умов веде до зменшення ρ за рахунок збільшення відносної надмірності представлення слів і відповідного зменшення можливостей випадкових збігів помилкових слів з припустимими. З іншого боку, виключення зі словника слів з ненульовою ймовірністю звернень збільшує значення φ.

Результати моделювання для ряду російських і українських словників, наведені в [3, 4], отримані при використанні простого “тупого” критерію - виключення слова A_j з мінімальним значенням ймовірності звернення p_j. В силу простоти критерію ці результати ілюструють швидше можливе існування задачі вдосконалення РОС за рахунок виключення малозначущих слів, ніж її рішення.

Доповідь присвячено питанням визначення «точкового» критерію, що оцінює конкретний внесок слів, що потенційно можуть виключатись з розгляду, в значення факторів якості і моделюванню відповідного алгоритму.

Задача узгодження критеріїв формування РОС і підхід до її вирішення

Уявімо тезаурус Т деякої предметної області, що складається з двох частин - дійсної (видимої) і уявної (прихованої). Дійсна частина являє собою конкретний реальний РОС, а уявна (УРС) - частина слів Т, не представлених в РОС, але потенційно затребуваних.

Задачу узгодження критеріїв формування РС сформулюємо як задачу виключення і переміщення в УРС слів РОС, які більше за інших зменшують ρ і менше інших збільшують φ. Іншими словами, мова йде про побудову парето-оптимальної траєкторії значень ρ, φ в міру переміщення обраних слів РС → УРС з метою можливого вибору прийнятного поєднання ρ, φ.

З метою формування «точкового» критерію, що оцінює конкретний внесок слів, що потенційно можуть виключатись з розгляду, в значення факторів якості, розглянемо наступний приклад.

Таблиця 1. Виключення слів

j	p_j	A_j
1	0.2	egf
2	0.2	caf
3	0.15	fgf
4	0.15	eaf
5	0.1	caa
6	0.1	dbh
7	0.05	cbh

Нехай $n_j = const = n$, $N = 8$ і помилки обмежені однократними транскрипціями.

Відповідний гіпотетичний «словник», упорядкований за спаданням p_j, представлений в таблиці 1.

Як бачимо з таблиці в наведеному словнику не виявляються однократні

8	0.05	aai

транскрипції egf↔fgf, egf↔eaf та ін.

Таблиця ілюструє наступні положення:

1) Виключення нейтрального слова (в словнику це aai), спотворення якого не викликають збігів (тобто невиявлених помилок) з реальними словами, не зменшують значення ρ, але збільшують значення φ. Отже, виключення нейтральних слів не входить в парето-оптимальні рішення.

2) Для кожного слова A_l^s (наприклад, egf), невиявлені прямі спотворення якого (A_l -> A_s) викликають збіги зі словами A_s (в даному випадку fgf і eaf), існують невиявлені зворотні спотворення слів A_s^l (fgf, eaf), що збігаються зі словом.

Це положення справедливе і для інших класів розглянутих типових помилок тайпінга. Так, легко показати, що будь-якій прямій транспозиції сусідніх символів в слові A_l^s відповідає зворотна транспозиція в слові A_s^l, вставці символу в слові A_l^s відповідає пропуск символу в слові A_s^l.

3) Виключення слова A_l^s (наприклад, eaf) зменшує значення ρ за рахунок зменшення кількості збігів зворотних k - спотворень слів A_s^l зі словом A_l (тут слова fgf, caf).

Для пояснення цього положення розглянемо потенційні наслідки виключення слова, наприклад, caa. У результаті помилка caf → caa буде виявлятися, але оскільки слово caf залишається в РС, помилка caa → caf залишиться невиявленою.

Наведені якісні міркування узагальнює наступний критерій відповідності (~), який може бути покладений в основу покрокового алгоритму розв'язання задачі вибору для виключення слова A_l :

$$A_l \sim \min_l \alpha_l = \frac{p_l}{\Delta\rho_l}, \quad \Delta\rho_l = \sum_k p_k \sum_s \bar{p}_s \, {}^{v_{ks}}\!/_{V_{ks}}, \quad (1)$$

де p_l - ймовірність звернення до слова A_l;

$\bar{p}_s$ - ймовірність спотворення слова A_s;

p_k - відносна кількість кожної з розглянутих типових помилок;

${}^{v_{ks}}\!/_{V_{ks}}$ - відносна кількість невиявлених помилок $A_s \to A_l$ в класі помилок k (k = 1 ... K).

Величина $\bar{p}_s$ визначається через відносну кількість спотворених слів A_s по відношенню до решти слів A_j.

У наведеній постановці задачу можна розглядати як певне узагальнення задачі «про ранець» (Knapsack Problem [5]), а покроковий алгоритм її вирішення на основі (1) - як різновид «жадібного» алгоритму ((GA, Greedy algorithm [6]), в якому в рюкзак поміщаються предмети з максимальним відношенням ціни (в нашому випадку $\Delta\rho$) до ваги (p_l). Згадана задача відрізняється від класичної Knapsack Problem тим, що там ціна і вага предметів залишаються постійними в процесі укладання рюкзака, а в нашому випадку ціна предметів, що залишилися після завершення часткового завантаження рюкзака, може змінюватися в залежності від того, що було завантажено перед цим. Останнє пов'язано з тим, що виключення слова A_l змінює розподіл наслідків можливих k - спотворень в решті БС.

Алгоритм вирішення задачі

В основу алгоритму вирішення поставленої задачі покладено GA, адаптований до зазначених особливостей - залежності параметрів («ціни» і «ваги») від кроку рішення.

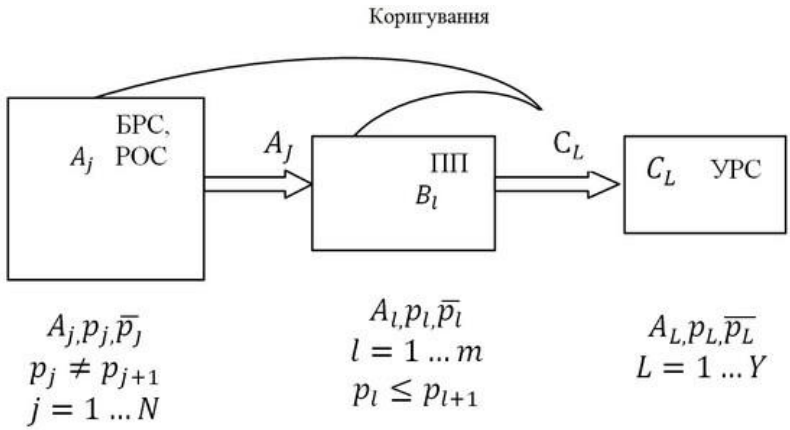

Рис.1. Узагальнена схема алгоритму

Загальна схема алгоритму наведена на рис. 1. Додаткові позначення мають наступні сенс: ПП - проміжний пул об'ємом m слів, в який поміщаються слова A_j - кандидати на виключення на даному етапі; B_p- слова ПП; C_L- виключені слова.

На початковому етапі в ПП з БРС переміщується m слів з мінімальними значеннями p_j. Далі на кожному черговому кроці виконується наступна послідовність дій.

1. Пошук в ПП слова $B_l \equiv C_L$, для якого виконується (1) і перенесення його в УРС
2. Виключення слова $A_l \equiv B_l \equiv C_L$ з БРС та коригування параметрів ДТ.
3. Розрахунок значень ρ, φ.
4. Поповнення пулу черговим словом, перехід до п.1.

Фізично БРС, ПП і УРС є єдиним цілим, об'єднаним разом з діагностичною таблицею ДТ. Зокрема, БРС є упорядкований список слів A_j, ДТ містить інформацію про можливі збіги слів A_j, спотворених розглянутими типовими помилками, з іншими словами, а ПП і УРС реалізуються відповідними мітками - ознаками.

Результати моделювання алгоритму наведені в табл. 2-3. Дані таблиці мають наступне значення.

Таблиця 2. Словник Лопатіна ($\lambda = \frac{8}{N}$)

Y $\cdot 10^3$	$(N-Y)$ $\cdot 10^3$	Випадкове зменшення			Розрахункове зменшення		
		$\rho^{(Y)}$ $\cdot 10^{-2}$	$\rho^{(Y)}/\rho^{(N)}$	$\varphi^{(Y)}$ $\cdot 10^{-2}$	$\rho^{(Y)}$ $\cdot 10^{-2}$	$\rho^{(Y)}/\rho^{(N)}$	$\varphi^{(Y)}$ $\cdot 10^{-4}$
0	84.6	0.28	1.0	0	0.28	1.0	0.0
5.1	79.5	0.26	0.94	5.66	0.22	0.81	4.0
10.2	74.4	0.25	0.89	11.91	0.16	0.56	28.4
15.2	69.4	0.23	0.84	17.90	0.06	0.22	299.4
16.2	68.4	0.23	0.83	19.06	0.04	0.13	632.1

Таблиця 3. Українська версія словника Лопатіна ($\lambda = \frac{8}{N}$)

Y $\cdot 10^3$	$(N-Y)$ $\cdot 10^3$	Випадкове зменшення			Розрахункове зменшення		
		$r^{(Y)} \cdot 10^{-2}$	$r^{(Y)}/r^{(N)}$	$\varphi^{(Y)}$ $\cdot 10^{-2}$	$r^{(Y)}$ $\cdot 10^{-2}$	$r^{(Y)}/r^{(N)}$	$\varphi^{(Y)}$ $\cdot 10^{-4}$
0	84.6	0.21	1.0	0.0	0.21	1.0	0.0
5.1	79.5	0.20	0.94	6.08	0.15	0.71	5.9
10.2	74.4	0.19	0.88	12.15	0.07	0.33	108.2
11.7	73.0	0.19	0.86	14.00	0.03	0.13	449.2

Параметр λ визначає «крутизну» експоненційної кривої, що апроксимує штучний ступеневий розподіл щільності ймовірності звернень до слів БРС. Для λ = 8/N розподіл характеризується співвідношенням 20/80 (80% звернень до БС охоплюють усього 20% слів), а для λ = 24/N - співвідношенням 10/90 (з аналогічним змістом).

При «довільному» зменшенні БРС слова «переносилися» в УРС випадковим чином, при «розрахунковому» - відповідно до результатів роботи описаного вище алгоритму (точковим підбором).

Моделювання проводилося для словника Лопатіна (табл. 2) і його українськомовної версії (табл. 3). Абсолютну результативність роботи алгоритму ілюструють стовпці 7 (значення показника дисфункції) і 9 (сумарна ймовірність хибних сигналів про помилку), а відносну - стовпці 5 і 8. Зокрема, для $\lambda = 8/N$ вибіркове виключення 6% слів БРС призводить до зниження значення показника дисфункції на 18% (російський словник Лопатіна) и 29% (україномовна версія словника), а довільне - всього на 5,8% і 6,1%. Відповідні значення φ становлять $4 * 10^{-4}$ та $5.9 * 10^{-4}$для вибіркового виключення і $5.7 * 10^{-2}$та $6.1 * 10^{-2}$ для випадкового.

Висновки

Побудовані моделі та наведений алгоритм дають можливість для конкретного словника, обраного у якості базового при формуванні РОС системи перевірки орфографії, одержати дані щодо значення очікуваного показника дисфункції і можливостях його зменшення за рахунок прийнятного підвищення ймовірності хибного сигналу про помилковість слова. Такі дані можуть бути корисні для прийняття обґрунтованих відповідних рішень з урахуванням особливостей конкретної СПО.

Литература

1. Системы проверки орфографии [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://compress.ru/article.aspx?id=9511
2. Проверка орфографии [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.bestfree.ru/article/computer/spell-check.php
3. Литвинов В.А., Майстренко С.Я., Хурцилава К.В. Оценка контролирующих свойств базового словаря допустимых слов в системе автоматического обнаружения ошибок пользователя// Математичні машини і системи.-2014.- №2.- с. 65-70.
4. Литвинов В.А., Майстренко С.Я., Хурцилава К.В. К оценке качества базового словаря в системе автоматического обнаружения ошибок пользователя и возможностей его улучшения// Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2014, с. 139 – 143
5. Knapsack problem [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http:://en.wikipedia.org/wiki/Knapsack_problem.
6. Задача о рюкзаке: жадный алгоритм [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://traditio-ru.org/wiki/Задача_о_рюкзаке:жадный_алгоритм

УДК 004.9+004.891.3

Интеллектуальная система диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника

Масалитина Н.Н.
УО «Гомельский государственный технический університет шимени П.О. Сухого», г. Гомель, masalitina@rambler.ru

В работе представлены результаты моделирования дегенеративно-дистрофических процессов позвоночника человека и основных процессов поддержания и восстановления функциональных возможностей исследуемого органа. Разработан ряд математических моделей и автоматизированная система диагностики заболеваний и обоснования выбора оптимальных методов лечения.

Введение

Диагностика паталогических процессов, их стадий и особенностей течения, а также обоснование выбора наиболее эффективных мер, направленных на поддержание и восстановление устойчивости управляемой системы к деструктивным воздействиям определяет эффективность управления во многих отраслях народного хозяйства: медицине, призводстве, строительстве и проч [1-3]. Исследование паталогических процессов, протекающих в производственных, биологических, технических системах, а также особенностей управления ими, позволило выделить ряд общих закономерностей, формализованное описание которых послужило основой математического моделирования и автоматизиции диагностики и обоснования выбора наиболее эффективных методов восстановления устойчивости сложной системы. Детализация выявленных общих закономерностей для диагностики состояния поясничного отдела позвоночника позволила постоить математическую модель диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний.

Математическая модель устойчивости сложной системы с иерархической структурой управления

С целью выявления закономерностей изменения уровня устойчивости СИСУ к деструктивным воздействиям различной природы было проведено исследование взаимодействия основных структурных элементов, определяющих возникновение и развитие деструктивного процесса.

Декомпозиция моделируемого явления позволила выделить следующие основные элементы:

объект, подвергающийся деструктивным изменениям – сложная система, имеющая нарушения функционирования, либо находящаяся в условиях, способных привести к таким нарушениям;

управляющее воздействие – воздействие, направленное на предупреждение деструктивных изменений и устранение их последствий;

внешнее регулирование – воздействие сил, внешних по отношению к исследуемой сложной системе, определяющих возможности управления (законодательные ограничения, морально-этические нормы и проч.)

В составе объекта, подвергающегося деструктивным изменениям, можно выделить элементы, непосредственно выполняющие основные функции системы, а также элементы, предназначенные для защиты от неблагоприятных внешних воздействий. Элементы первого типа будем называть *защищаемой подсистемой*, элементы второго типа – *защищающей*.

Защищающая подсистема объединяет механизмы поддержания устойчивости и механизмы восстановления устойчивости.

Механизмы поддержания устойчивости – это созданные заранее, постоянно действующие или запускаемые в случае необходимости без существенных изменений приемы противостояния деструктивным воздействиям.

Механизмы восстановления устойчивости отсутствуют при нормальном функционировании СИСУ и создаваемые в случае возникновения деструктивного процесса.

Пусть

$q(t)$ – состояние СИСУ такое, что большему значению q соответствует большая устойчивость СИСУ;

$I(t)$ – показатели, характеризующие состояние защищаемой подсистемы СИСУ;

$u(t)$ – показатели, характеризующие элементы защищающей подсистемы СИСУ, направленные на предупреждение деструктивных изменений;

a(t)– показатели, характеризующие элементы защищающей подсистемы СИСУ, направленные на устранение последствий деструктивных изменений;

EN(t)– показатели, характеризующие внешнее регулирование СИСУ;

W(t) – интенсивность деструктивных воздействий;

z(t) – управляющее воздействие;

e(t) – эффект от управляющего воздействия;

Θ, Ω, Ξ, Ψ – функции, определяющие изменение состояния управляемой и управляющей подсистемы СИСУ, а так же эффективность управления;

t – время;

n – количество периодов наблюдения.

Тогда

$$q(t_i) = \Theta\big(I(t_i),\quad u(t_i),\quad a(t_i), EN(t_i)\big), i = 1..n, \tag{1}$$

$$I(t_i) = \Omega\big(I(t_{i-1}), e(t_{i-1}),\quad W(t_{i-1})\big), i = 2..n, \tag{2}$$

$$u(t_i) = \Psi\big(u(t_{i-1}), e(t_{i-1}),\quad W(t_{i-1})\big), i = 2..n, \tag{3}$$

$$a(t_i) = \Psi\big(a(t_{i-1}), e(t_{i-1}),\quad W(t_{i-1})\big), i = 2..n, \tag{4}$$

$$e(t_i) = \Xi\big(z(t_i),\quad q(t_i)\big), i = 1..n. \tag{5}$$

Учитывая иерархическую структуру СИСУ выражения (2) – (4) примут вид:

$$I(t_i) = \{I_j(t_i)\}, i = 1..n, j = 1..r \tag{6}$$

$$I_j(t_i) = \Omega\big(I(t_{i-1}), e(t_{i-1}),\quad W(t_{i-1})\big), i = 2..n, j = 2..r \tag{7}$$

$$u(t_i) = \{u_j(t_i)\}, i = 1..n, j = 1..r \tag{8}$$

$$u_j(t_i) = \Psi\big(u(t_{i-1}), e(t_{i-1}),\quad W(t_{i-1})\big), i = 2..n, j = 2..r \tag{9}$$

$$a(t_i) = \{a_j(t_i)\}, i = 1..n, j = 1..r+1 \tag{10}$$

$$a_j(t_i) = \Psi\big(a(t_{i-1}), e(t_{i-1}),\quad W(t_{i-1})\big), i = 2..n, j = 2..r \tag{11}$$

Система восстановления устойчивости помимо элементов, действующих на отдельный *j*-й уровень СИСУ, содержит также механизмы, воздействующие на всю управляемую подсистему, поэтому количество элементов этого множество на один больше числа иерархических уровней иерархической системы.

Уровень устойчивости СИСУ определим, как

$$\varphi(t, q(t)) = \int_0^t q(\xi) d\xi, \ . \tag{12}$$

Т.о. исходная задача сводится к нахождению для заданного временного периода множества управляющих воздействий *z(t)* такого, что

$$\forall t : \varphi(t, q(t)) \xrightarrow[z(t)]{} \max. \tag{13}$$

Соотношения (1), (5) – (13) представляют собой математическую модель, которая является основой для разработки инструментов поддержки принятия решений по управлению устойчивостью к деструктивным воздействиям для сложных систем различной природы, обладающих признаками иерархической подчиненности элементов системы управления [4].

Математическая модель диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника

Детализация полученной математической модели устойчивости СИСУ позволила получить формализованное описание дегенеративно-дистрофических процессов поясничного отдела позвоночника.

Состояние *q* моделируемого органа может быть описано с помощью следующих обобщенных дескрипторов.

1. Признаки неисправности защищаемой подсистемы *I* определяется показателями *I(R)*, характеризующими геометрию тел позвонков L1-L5 (нормальная форма тела позвонка, отсутствие деформации межпозвоночного диска), *I(KOM)*, отражающие отсутствие компрессионных нарушения (натягивания, сдавливания и деформации корешка, сосудов или спинного мозга), *I(REF)* отражающие отсутствие рефлекторных нарушений (рефлекторное напряжение (дефанс) иннервируемых мышц) [5-6].

2. Характеристики компенсаторного действия мышечной и нервной системы *D(U)*, направленные на противостояние морфологическим $D(U_R)$, компрессионным $D(U_R)$ и рефлекторным нарушениям $D(U_R)$.

3. Характеристики применения консервативных методов лечения *D(A)*, направленных на устранение каждого из нарушений: $D(A_r)$ – компенсация морфологических нарушений за счет ортопедических мероприятий (иммобилизация, вытяжение позвоночника, мануальная терапия), $D(A_{kom})$ – компенсация компрессионных синдромов за счет ортопедических и физиотерапевтических процедур, $D(A_{ref})$ – устранение рефлекторных синдромов за счет медикоментозных и физиологических и ортопедических мероприятий [5].

4. Характеристики применения оперативных методов лечения $D(A_{op})$, оказывающие восстанавливающее воздействие в отношение всех признаков нарушений [5].

5. Показатели внешнего регулирования EN характеризуют наличие признаков установленной неэффективности всех доступных методов лечения [6]..

Таким образом, состояние поясничного отдела в каждый момент наблюдения может быть описано вектором вида:

$$q= \{ I(R), I(KOM), I(REF), D(U_R), D(U_{KOM}), D(U_{REF}), D(A_R), D(A_{KOM}), D(A_{REF}), D(A_{op}), EN\}$$

Показатели I принимают значения 1 в случае, если все элементы соответствующего множества не имеют патологий. Показатели D и A, характеризующие поддерживающую и восстанавливающую системы, принимает значение 1, если хотя бы один элемент множества задействован при лечении. Показатель внешнего регулирования EN принимает значение 1 в случае если объект соответствует некоторым нормам внешнего регулирования В противном случае перечисленные величины принимают нулевое значение.

Метод мультиклассовой классификации с неопределенным составом классов

Принятие решения об управлении устойчивостью СИСУ приводит к необходимости решения задачи классификации (распознавания образов): выявления принадлежности управляемого объекта к одной из групп, отличающихся по известному признаку.

Задачу разработки метода классификации обобщенно можно сформулировать следующим образом: формализовать правило, разделяющее множество СИСУ на m классов b_i $(i=1..k,$ где k – количество классов), таких, что элементы каждого класса b_i отличались от элементов каждого другого класса b_j $(j=1..k,\ j\neq i)$ по критерию d_{ij} – в состав множества Mt_i управляющих воздействий, необходимых для повышения устойчивости объекта класса b_i, входят элементы, не входящие в множество Mt_j управляющих воздействий, необходимых для элементов класса b_j.

Предложенный метод мультиклассовой классификации предполагает последовательное прохождение следующих основных этапов.

Этап 1. Отбор обобщенных дескрипторов для описания СИСУ.

Этап 1.1. Описание сбоев отдельных подсистем с помощью двоичных показателей I (0 – есть сбой, 1 – подсистема исправна).

Этап 1.2. Описание активизации отдельных механизмов поддержания устойчивости D (1 – механизм применяется, 0 – механизм не задействован).

Этап 1.3. Описание требований внешнего регулирования EN (1 – объект соответствует некоторым нормам внешнего регулирования, 0 – в противном случае).

Этап 2. Описание всех возможных состояний систем, что равнозначно составлению всех возможных сочетаний p двоичных признаков. В результате будет получено 2^p возможных сочетаний. Значительная часть из них невозможна в реальных условиях. С целью исключения таких сочетаний необходимо выполнить анализ взаимосвязей между показателями I, D и EN.

Этап 3. Описание связей между обобщенными дескрипторами I, D, EN. Результатом данного этапа является формализация множества запрета Z – правил, ограничивающих возможные сочетания значений дескрипторов [4].

Этап 3.1. Формализация запретов физических противоречий Z^P – т.е. запретов, определяемых физическими законами существования и взаимодействия подсистем классифицируемых объектов.

Этап 3.2. Формализация запретов иерархии Z^H – т.е. запретов, определяемых иерархическими связями между подсистемами классифицируемых объектов.

Этап 3.3. Формализация запретов рационального управления Z^{RM} – т.е. запретов, описывающих логику управления, нацеленного на повышение устойчивости и применение для этого наиболее эффективных средств.

Этап 3.4. Формализация запретов внешнего регулирования Z^{EN} – т.е. ограничений возможностей функционирования и управления классифицируемыми объектами со стороны внешних сил (законодательной системы, морально-этических норм, охраны труда и проч.).

Этап 4. Исключение из множества возможных состояний Sb ОИСУ такие сочетания дескрипторов, которые соответствуют запретам Z.

Этап 5. Анализ множества оставшихся непротиворечивых состояний с целью объединение их в группы, наиболее соответствующие требованиям критерия CR_{ij}.

Этап 6. Представление лицу, принимающему решение (ЛПР), полученного на этапе 5 состава классов СИСУ. Если результат удовлетворителен, следует перейти к этапу 7. В противном случае, следует рассматривать другие варианты классификации, пока не будет найден удовлетворительный вариант или пока не будут рассмотрены все возможные вари-

анты классификации. Если ни один из предложенных вариантов не удовлетворяет требованиям ЛПР, следует повторить этапы 1-5, изменив состав обобщенных дескрипторов.

Этап 7. Построение классификатора в виде дизъюнктивной нормальной формы [7 с. 25] от показателей, определяющих отличие элементов различных классов DNF (I', D', EN'), где $I' \in I$, $D' \in D$, $EN' \in EN$.

Выводы

Представленная матеаматическая модель диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний позволяет формально описать все возможные состояния исследуемого органа в процесса паталогических изменений и лечения. Метод мультиклассовой классификации объединить выявленные состояния в группы, требующие различных подходов к лечению, а также выделить признаки, позволяющие однозначно распознать состояния, входящие в каждую группу среди прочих состояний. Описание множеств запрета позволяет существенно сократить размерность получаемых инструментов диагностики, сократить время исследования и избежуть противоречивых дезультатов оценки.

Литература

1. *Абламейко С. В., Краснопрошин В. В., Образцов В. А.* Модели и технологии распознавания образов с приложением в интеллектуальном анализе данных // Вестн. БГУ. Сер. 1, Физика, Математика, Информатика. 2011. № 3. С. 62–72.
2. *Kovalev V.A., Petrou M., Suckling J.* Detection of structural differences between the brains of schizophrenic patients and controls. Psychiatry Research // Neuroimaging. 2003. vol. 124. pp. 177-189..
3. *Ковалев В.А., Хоружик С.А., Михайлов А.Н.* Исследование эффективности яркостной информации для сегментации участков ателектаза и раковых опухолей на КТ- изображениях легкого // Информатика, 2005. – 93-101 с.
4. *Масалитина, Н.Н.* Моделирование кризисных состояний промышленных предприятий / Н.Н. Масалитина // Информатика, 2010.– №4 – С. 57–71.
5. *Ширшов А.В., Пирадов М.А.* Поясничный остеохондроз: диагностика, клиника и лечение // РМЖ. 2004. №4. С. 212
6. Лучевая диагностика / под ред. проф. Г.Е. Труфанова. - 2011. – 416 с.: ил.
7. *Закревский, Д.А.* Логика распознавания / Д.А. Закревский. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 118 с.

УДК 004.655

Представление SQL-запросов для экспертной системы тестирования

к.т.н., доц. Полин Е.Л., Кащенко Е.Е.
Одесский национальный политехнический универсистет, г. Одесса
e.e.kaschenko@opu.ua

В представленной работе выделены основные принципы моделирования SQL-запросов для экспертной системы тестирования. Сформулированы основные принципы построения таких моделей запросов. Применение данных подходов позволяет использовать экспертную систему тестирования для представления результатов выполнения SQL-запросов.

Введение

Современные системы управления базами данных (СУБД) являются достаточно сложными системами, требующими от администратора значительных усилий, связанных с настройкой их производительности. Поэтому, достаточно актуальной является задача построения автоматизированных систем для анализа их производительности.

Производительность современных СУБД зависит от нескольких основных факторов: конструкции SQL-запросов и структуры таблиц базы данных[1], параметров настройки самой СУБД[2], а также параметров аппаратуры, на которой работает СУБД. Для распредёлённых СУБД важным параметром является также пропускная способность сети, на которой работает СУБД.

Все перечисленные параметры влияют на производительность СУБД в комплексе. Также некоторые из этих факторов зависимы друг от друга, как, например, структура запросов и физическая структура СУБД. Поэтому актуальным является применение экспертных систем, направленных на анализ программного обеспечения.

Постановка задачи

Целью настоящей статьи является построение информационной технологии для анализа производительности СУБД на базе экспертных систем.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи, связанные с формированием представления таблиц и структуры запросов СУБД для экспертной системы, а также с разработкой инструментальных средств для анализа СУБД.

Основная часть

Основными типами SQL-запросов являются запрос на выборку (SELECT), запрос на удаление (DELETE), вставку (INSERT) и изменение данных (UPDATE). Все эти запросы, независимо от типа СУБД выполняются по одному и тому же алгоритму, определяемому типом запроса. Далее задаются исходные данные, после чего передаются условия выполнения запроса.

Поскольку алгоритм выполнения зависит только от типа запроса, то тип запроса является, по сути, идентификатором вызываемой процедуры в гибридной ресурсной сети. Модель данных в большинстве современных СУБД является реляционной, т.е. базирующейся на отношениях.

С другой стороны, эти же термины используются при описании гибридной ресурсной сети. Это позволяет сформировать представление запросов для экспертной системы на её базе и использовать её для тестирования производительности структуры тех или иных последовательностей запросов для гибридной ресурсной сети.

Для решения этой задачи необходимо представить SQL-запросы в форме алгебры алгоритмов. Сделаем это на примере запроса к таблице table1, содержащей три поля field1, field2, field3.

Из реляционной алгебры[3] известно, что все три значения полей принадлежат некоторым доменам, т.е. $field1 \in D_1, field2 \in D_2, field3 \in D_3$, а данные в реляционной таблице принадлежат декартовому произведению указанных трёх доменов: $D_1 \times D_2 \times D_3$.

С другой стороны, тест-пакет в рамках модели гибридной ресурсной сети также характеризуется декартовым произведением переменных программы. Если принять, что каждое поле реляционной таблицы эквивалентно переменной программы, а сама реляционная таблица соответствует набору-тест пакетов, то можно представить сам SQL-запрос в модели гибридной ресурсной сети.

Однако при таком построении запросов существует проблема. В модели гибридной ресурсной сети предполагается, что все данные являются переменными, содержащими лишь одно значение. В то же время, столюец реляционной таблицы содержит несколько данных, соответствующих данной таблице. Это можно решить, несколько усовершнествовав трактовку понятия времени в рамаках тест пакета, охарактеризовав его

временем дабавления определённой записи в БД, т.е. используя столбец время, как уникальный идентификатор для конкретного набора данных.

С учётом изложенного, реляционные запросы представляются в форме гибридной ресурсной сети, как показано на рис. 1.

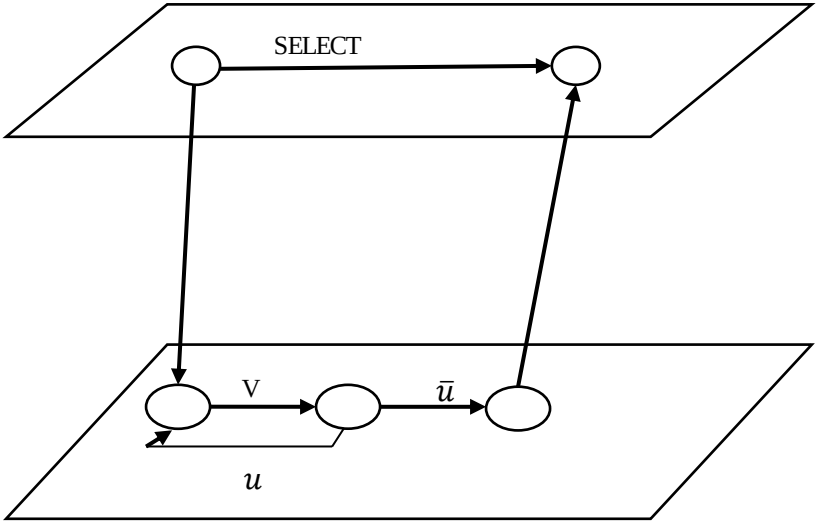

Рис. 1 Фрагмент гибридной ресурсной сети для оператора SELECT

Реляционный запрос (см. рис. 1) представляется на гибридной ресурсной сети двумя слоями, в первом слое (расположен выше) присутсвует граф с двумя вершинами, на ребре которого изображается тип запроса. На втором слое (расположен ниже) показывается алгоритм выполнения данного запроса. Для представления алгоритма выполнения запроса, его необходимо представить в форме выражения в алгебре Дейкстры [4]. Для запроса вида SELECT field1, field2, field3 FROM table1 WHERE u (обозначим его как SELECT (u, table1(field1, field2, field3))) это можно выполнить согласно следующей формуле

$$\text{SELECT}\left(\text{u}, \text{table1}\left(\text{field1}, \text{field2}, \text{field3}\right)\right) = \{[u]\ V\} \qquad (1)$$

Где V – оператор выборки данных из таблицы, u – условие цикла. Условие и оператор выборки располагаются на нижележащем слое гибридной ресурсной сети.

Если SQL-запрос включает в себя различные операции соединения нескольких таблиц, то эти операции представляются на втором слое запроса как сложная операция, требующая дальнейшей детализации. Если SQL-запрос включает в себя оператор IN (например, конструкция INSERT IN SELECT), то она формируется как последовательность из двух запросов, которые представляют собой два последовательных запроса – сначала SELECT, потом INSERT.

Выводы

В результате выполнения исследования, построено представление SQL-запросов в виде гибридной ресурсной сети. Это позволяет проводить тестирование результатов запросов на основе экспертной системы тестирования программного обеспечения. Как перспективное направление исследований следует выделить направления, связанные с оценкой сложности различных запросов на базе данного подхода.

Литература

1. *Сорокин В.Е.* Метод исскуственного соответствия запросов индексам реляционных баз данных // Программные продукты и системы. – 2013. - № 2 - с.47-54
2. *Блажко А.А, Левченко А.Ю. Пригожев А.С.* Модели для автоматизированной оптимизации производительности систем управления базами данных // Проблемы программирования – 2010. - № 2-3 - с. 407-413.
3. *Дейт К. Д.* Введение в системы баз данных. 7-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 702 с
4. *Цейтлин Г.Е.* Введение в алгоритмику . – К.Сфера, 1998

УДК 004.8: 004.588

Модель пользователя для графического интерфейса на основе сети графов

к.т.н., доц. Полин Е.Л., Пригожева О.С.
Одесский национальный политехнический универсистет, г. Одесса
o.s. prygozheva@opu.ua

В работе представлена модель пользователя, основанная на модификации гибридных ресурсных сетей. Рассмотрены вопросы построения вероятностных характеристик поведения пользователей. Приведен пример построения модели для графического интерфейса пользователя

Введение

Современные компьютерные системы представляют собой достаточно сложные системы, для которых крайне важно наличие системы оперативной поддержки пользователей. С повсеместным внедрением Internet стала актуальной задача внедрения знаний об использовании программной системы различными пользователями. Для решения указанной задачи необходимо усовершенствование систем поддержки пользователей, путём внедрения моделей пользователя, основанных на формальных признаках, которые могут быть измерены непосредственно при помощи компьютерной системы.

Для моделирования действий пользователя в настоящее время применяются семантические методы [1], методы, основанные на профилях пользователей в соцсетях [2], вероятностно-реляционные модели[3]. Наиболее перспективным направлением является использование вероятностных моделей, с отображением отношений на основе графа.

Целью настоящей статьи является построение унифицированной модели пользователя на основе сети графов и графического интерфейса пользователя

Определение характеристик поведения пользователя

Базовым понятием графического интерфейса пользователя является окно. В современном программном обеспечения окно представляет собой область на экране компьютера, в которой пользователь может решить определённую задачу. Поэтому, для системы поддержки пользователя

крайне важно не только проводить консультирование пользователя, но и подсказывать следующие шаги по решению задачи. По сути, это означает, что система поддержки пользователя должна знать основные шаги по решению задачи.

Единственной характеристикой, которую можно реально измерить на компьютере, является количество действий, которое пользователь совершил в процессе работы с программной системой. Обозначим данное число как N_0. Каждому пользователю присваиваем уникальный идентификатор– целое число.

Очевидно, что если параллельно с программной системой работают несколько пользователей, то общее число действий, совершённых ими в рамках программной системы суммируется. В этом случае, N_0 вычисляется по следующей формуле

$$N_0 = \sum_{i=1}^{n} N_i \tag{1}$$

где N_i – количество действий, совершённых i пользователем в рамках работы с программной системой, n – количество пользователей (сессий работы с системой), N_0 – общее количество совершённых действий при работе с системой.

Под действием пользователя в системе будем понимать выполнение некоторой команды в системе. Такими командами в графическом интерфейсе могут быть, например, сохранение файла, ввод некоторого символа, форматирование текста в документе жирным шрифтом и т.п. Каждому действию пользователя в системе присваивается уникальный индекс.

Для каждого конкретного действия можно вычислить количество раз, которое оно выполнялось одним или несколькими пользователями в рамках работы с системой по следующей формуле:

$$A_0 = \sum_{i=1}^{n} A_i \tag{2}$$

где A_i – количество раз, которое выполнялось действие в рамках взаимодействия с системой i пользователем. n – количество пользователей.

Вероятность выполнения некоторого действия при работе с системой вычисляется по формуле

$$P_i = \frac{A_i}{N_i} \tag{3}$$

где A_i - количество раз, которое выполнялось действие в рамках взаимодействия с системой i пользователем, N_i – общее количество действий, выполненных пользователем.

Аналогично определяется вероятность совершения действия в рамках всей системы:

$$P_0 = \frac{A_0}{N_0} \quad (4)$$

где A_0 – величина, определяемая по формуле (2), N_0 – величина, определяемая по формуле (1).

Величины вероятностей, определяемых по формулам (3) и (4) характеризуют поведение пользователя в системе. Для учёта контекста, в котором это поведение происходит необходимо разработать саму модель программной системы.

Модель пользователя на основе сети графов

В [4] приведена модель, позволяющая представить процедурно-ориентированную программу в виде сети графов. Ключевыми терминами данной модели являются: ребро графа, вершина графа и слой графа. Ребром графа обозначается некоторая операция. Каждому ребру может быть поставлен в соответствие слой графа, который содержит алгоритм выполнения операции. Вершина графа характеризует состояние системы и содержит тест-пакеты с данными программы.

Поскольку, каждая функция в процедурно-ориентированной программе ориентирована на решение задачи, то эту модель можно принять за основу при проектировании модели поддержки пользователя. Однако, нужно ввести ряд уточнений, которые позволят применять данную модель для поддержки пользователя.

В рамках модели рассматриваются тест-пакеты. Переменными тест-пакета являются переменные программы. Однако пользователь вводит информацию исключительно в символьном виде. Поэтому тест-пакет для такой модели может быть представлен в упрощённом виде:

$$TP = Id \times 2^{N \times V} \quad (5)$$

где Id – идентификатор пользователя, $2^{N \times V}$ – булеан множества $N \times V$ (N – имя параметра, передаваемого пользователем в систему, V – значение параметра).

На рёбрах графа представляются задачи пользователя. Если задача выполняется с помощью команды системы – указывается команда. Также каждому ребру может быть сопоставлена одна из двух вероятностей: либо определяемая формулой (3), либо определяемой формулой (4). В зависимости от этого система может быть настроена либо на поддержку на основе истории действий одного пользователя, либо на поддержку на основе истории действий всей системы.

Рассмотрим структуру данной модели для простого окна редактирования (рис. 1). Данное окно содержит два элемента управления типа поле, позволяющее ввести логин и пароль пользователя на сайте.

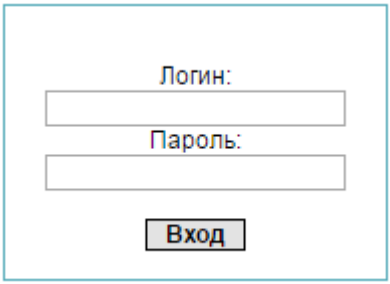

Рис. 1 Форма ввода логина и пароля пользователя

Фрагмент модели, соответствующей данной форме приведена на рис.2

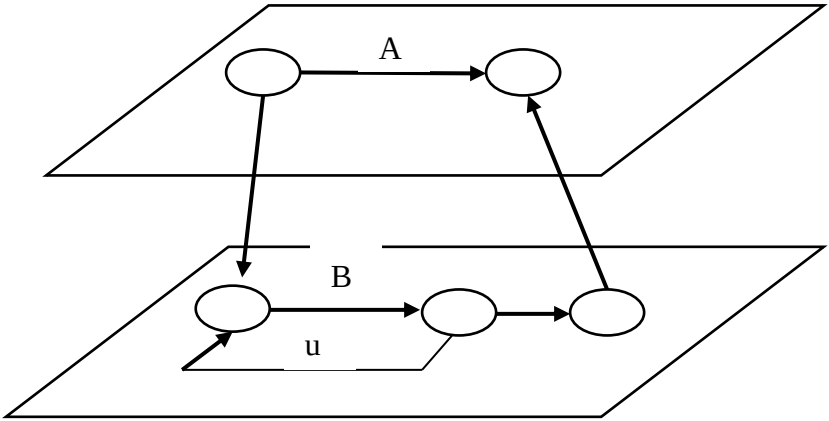

Рис. 2 Пример модели для ввода логина

На рис. 2 буквой А обозначена задача «ввод информации в поле логин». Буквой В обозначена задача «ввод логина с клавиатуры». Буквой u определено условие «не нажата клавиша Enter». Дополнительно, каждой задаче (ребру) сопоставлены вероятности действий (на рис. 2 они не показаны)

Выводы

В работе сформулированы характеристики, которые описывают поведение пользователей в процессе решения задачи. Для решения задачи моделирования деятельности пользователя усовершенствован тест-пакет для гибридной ресурсной сети. Синтезирована модель для графического интерфейса пользователя.

Литература

1 Пивоварчик О. В., Pivovarchyk O. Семантическая модель пользователя интеллектуальной справочной системы по проектированию программ// Международная конференция OSTIS-2016 – режим доступа: http://conf.ostis.net/images/2/21/86._%D0%9F%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%87%D0%B8%D0%BA_%D0%9E.%D0%92.__%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%9C%D0%9F%D0%98%D0%A1%D0%A1%D0%BF%D0%9F%D0%9F.pdf.

2.Толстяков Р. Р., Кузнецова Е. М. Методика построения прогнозной модели развития вирусного видео в коммуникационной среде социальных сетей //Социально-экономические явления и процессы. – 2016. – Т. 11. – №. 10.

3. А. А. Азаров, М. В. Абрамов, Т. В. Тулупьева, А. А. Фильченков, Применение вероятностно-реляционных моделей комплекса “критичные документы - информационная система - пользователь - злоумышленник” для анализа защищенности пользователей информационных систем от социо-инженерных атак, // Нечеткие системы и мягкие вычисления. – 2015 . - том 10 . - вып 2, с209–221

4. Пригожев А.С. Ларионова О.С. Неизвестный Д.В. Архитектура среды тестирования на основе модели гибридных ресурсных сетей // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. - 2016. - № 5. - С. 84–92

УДК 004.67/.9+7.091

Онтологія екскурсії 3D панорамою віртуального музею

Попова М. А., к.т.н., Гончар А. В., аспірант,
Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору
НАН України, м. Київ, pma1701@gmail.com
Попов В. О., студент,
НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»,
м. Київ

Стаття присвячена системно-онтологічному аналізу області дослідження та формуванню на його основі інформаційних моделей формалізації та представлення знань в сучасних мережевих середовищах установ пам'яті. Розглянуто онтологічний підхід до формування онтології екскурсії 3D панорамою віртуального музею.

Вступ

Соціально-економічна та суспільно-політична ситуація в Україні змусила звернути увагу на неї громадськості усього світу. За останні кілька років інтерес до нашої держави підвищився, не лише з боку туристів суто до багатої та розмаїтої історико-культурної спадщини, а й з боку інвесторів та бізнесу, завдячуючи досягненням в галузі ІТ (Україна посідає четверте місце в світі за кількістю сертифікованих ІТ-фахівців) та авіакосмічній галузі (Україна входить до дев'ятки країн, що мають замкнутий технологічний цикл створення і виробництва авіатехніки, та до п'ятірки країн, що мають замкнутий цикл виробництва космічних ракет). Велику роль у підвищенні конкурентоспроможності на світовому ринку українських фахівців в цих галузях відіграє НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», що не лише готує кваліфіковані кадри, а й дбає про патріотичне виховання, формування креативної культури та мислення, розвиток творчих та дослідницьких здібностей студентів - майбутнього нашої нації. Значення Державного політехнічного музею в цьому процесі неможливо переоцінити, адже сьогодні він є осередком не лише акумулювання, збереження, популяризації національних та світових технологій, техніки та інженерної діяльності людини, а й інститутом національної пам'яті, самоідентифікації громадян та ідентифікації України у світовому співтоваристві, джерелом інформації та знань.

На жаль, сьогодні в Україні спостерігається тенденція до зменшення привабливості музеїв, що є наслідком як неспроможності музеїв якісно конкурувати зі сферою масових розваг і невміння задовольнити потреби вибагливого відвідувача через невідповідність сучасним вимогам вивчення, збереження та популяризації колекцій експонатів, так і загального зниження культурного та інтелектуального рівня нації. Актуальною для нашої країни залишається проблема доступності музейної інформації для географічно віддалених відвідувачів через політику заборони оприлюднення в середовищі Інтернет (на офіційних сайтах, в соціальних мережах, у вигляді 3D-турів віртуальними музеями тощо) адміністрації музею, яка, на відміну від закордонних колег, не усвідомлює, що діяльність музею здійснюється для громадськості та в її інтересах, адже метою є не «затягнути» відвідувача до музею, а зробити так, щоб він постійно повертався у пошуках нових вражень і знань.

Модернізація музейної справи в Україні та підвищення інтересу до музеїв можливі лише завдяки розширенню традиційних форм роботи із відвідувачами та запровадженню нових інформаційних технологій, спираючись на наукові дослідження й міжнародний досвід.

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології дозволяють відвідувати музеї світу засобами Інтернет, що надає людям з обмеженими можливостями вести діалог з надбаннями світової цивілізації не виходячи з дому. Віртуальний музей дозволяє створити зовсім інший образ музею, органічність якого полягає у відповідності форм подачі музейних ідей, тем, сюжетів, світосприйняттю відвідувача, а також у застосовуванні експертних систем та інших систем штучного інтелекту.

Екскурсія 3-D панорамою віртуального музею є мотиваційним інструментом активізації навчально-дослідницької діяльності студентів. За останні кілька років більшість всесвітньовідомих музеїв [1, 2] створили віртуальні екскурсії на основі представлених на їх сайті експозицій. На даний час створення віртуальних екскурсій 3D панорамами експозицій музею перетворилося на тенденцію розвитку музейної справи.

Немає потреби перераховувати переваги віртуальних екскурсій, адже в наш час тотальної глобалізації та інформатизації користування гаджетами та Інтернет-технологіями перетворилося на щось само собою зрозуміле.

Метою статті є ознайомлення читачів з онтологічним підходом до формування екскурсій 3D панорамою віртуального музею, який, на відміну від існуючих, дозволяє інтерактивно взаємодіяти з інформаційними ресурсами, що описують об’єкти навчально-дослідницької діяльності, та забезпечує трансдисциплінарність їх сприйняття.

Онтологічний підхід до формування екскурсії 3D панорамою віртуального музею

Віртуальні екскурсії – поширений, ефективний та переконливий спосіб представлення інформації про деяку область дослідження. Сьогодні вже нікого не здивувати 3D мультимедійною фотопанорамою, яка може супроводжуватися аудіо-, відео-, текстовою інформацією. Але забезпечити інтерактивну взаємодію з конкретним експонатом, детально його не лише розглянути, а й ознайомитися з історією створення, призначенням, життєвим циклом та ін., тобто сформувати трансдисциплінарну систему знань на основі розподілених в мережі Інтернет інформаційних ресурсів не спроможна жодна з існуючих сьогодні 3D панорам.

Формування коректної системи знань про досліджуваний експонат 3D панорами, що представляється у вигляді інтегрованого, розподіленого в мережі інформаційного контенту, найбільш ефективно реалізовувати на основі онтології. Онтологічна система знань містить інформаційні описи експонатів віртуального музею на основі об'єктно-орієнтованої процедури формалізації, а також описи інтерпретаційних функцій, які керують процесом постачання інформаційного ресурсу про них.

Перевагою онтологій як способу взаємодії користувача зі знаннями є їх формальна структура, яка спрощує комп'ютерну обробку [3].

Використання онтології ефективне під час пошуку і об'єднання інформації з різних джерел і середовищ, представлення та інтерпретації інформації в процесі віртуальної екскурсії. Будучи аналогом поняття «модель», онтологія слугує засобом комунікації між користувачами, системами та користувачами і системами.

В загальному вигляді онтологія віртуального музею представляється ієрархічною структурою скінченної множини понять, які описують експонати x, $(x_1,...,x_n) \in X_{exh} \,|\, X_{exh} \subset X_{vm}$), об'єднані в класи - експозиції, виставки або зали музею на основі певних властивостей r, $(r_1,...,r_n) \in R_{exh} \,|\, R_{exh} \subset R_{vm}$, та множини наборів виконуваних з експонатами дій f, $f^i(x_1,...,x_n) \in F_{exh} \,|\, F_{exh} \subset F_{vm}$, що розглядається як кінцева множина функцій інтерпретації, задана над ними

$$O_{vm} = \langle X_{vm}, R_{vm}, F_{vm} \rangle .$$

Структурним базисом такої онтології є таксономія [4], представлена множиною дводольних графів G, $G = (V, E)$, вершинами яких є імена експонатів v, $v_1,...,v_n \in V_{exh} \,|\, V_{exh} \subset V$, об'єднані в класи (експозиції, виставки,

зали тощо), а дугами – семантичні відношення між ними E, на основі яких експонати згруповані в експозиції за своїми властивостями

$$(G_{exh1}, G_{exh2}, ..., G_{exhn}) \in G_{vm} .$$

Зазвичай групування експонатів в експозиції (виставки, зали тощо) на основі їх властивостей (дата створення, матеріал або техніка виконання, автор тощо) є строгим та перманентним. Але іноді дослідницька діяльність вимагає порушення лінійності процесу ознайомлення з конкретними фактами, об'єктами, особистостями тощо. Тому передбачений динамічний перерозподіл експонатів в експозиціях протягом екскурсії віртуальним музеєм, що може призвести до утворення нових класів понять на основі досліджуваних властивостей

$$G_{exh1} \bigcup G_{exh2} = G(V,E) \Big| V^{exh1} \subseteq V, V^{exh2} \subseteq V; E^{exh1} \subseteq E, E^{exh2} \subseteq E ,$$

$$V^{exh1} \bigcap V^{exh2} = \left\{ v \middle| v \in V^{exh1}, v \in V^{exh2} \right\} .$$

Онтологічний граф виступає не лише засобом організації інформації, а й середовищем активної взаємодії користувачів з розподіленими інформаційними ресурсами, відображеними у вигляді просторово упорядкованої множини висловлювань, адже відображення семантики інформаційних ресурсів у вигляді ієрархічних структур, над якими задається певна розширювана аксіоматика і між якими визначаються множини відношень, дозволяє вирішити проблему коректної інтерпретації їх використання в процесі навчально-дослідницької діяльності.

Елементами онтологічного інтерфейсу I_{vm} [5], з якими взаємодіє користувач протягом екскурсії, слугує інформаційне наповнення онтології віртуального музею. *Візуальним представленням елементу* онтології (тобто експонатом віртуального музею) є фрагмент 3D панорами (рисунок, іконка, фотографія тощо), джерело знаходження якого вказано у відповідній вершині графу (таксономії). Порядок відображення експонатів у вигляді онтологічного інтерфейсу на екрані залежить від внутрішньої організації вершин в графі, тобто порядок виведення зображень у галереї залежить від порядку вершин в графі.

Текстовий опис елементу онтології, що представляється у вигляді агрегованих контекстів фізично та тематично розподілених в мережі інформаційних ресурсів, та *посилання* на зовнішні джерела інформації відображаються поряд із зображенням та мають загальний стиль для всіх об'єктів (колір, розмір та стиль шрифту, позиція по відношенню до зображення, відповідні іконки для посилань на інформаційні ресурси різних форматів тощо) [6].

В загальному вигляді онтологія екскурсії 3D панорамою віртуального музею представляється кортежем

$$O_{3D} = \langle O_{vm}, I_{vm} \rangle,$$

де O_{vm} – онтологічна модель віртуального музею, в середовищі якого здійснюється дослідницька діяльність;

I_{vm} – кортеж станів 3D панорам віртуального музею, які актуалізуються протягом екскурсії з метою досягнення дослідницьких цілей

$$I_{vm} = \left\langle I^0, I^1, ...I^i, ..., I^n \right\rangle.$$

Онтологічний підхід до формування екскурсії 3D панорамою віртуального музею не вимагає від користувача спеціалізованих знань або навичок (в тому числі мов програмування), а для перегляду не потрібно встановлювати додаткове програмне забезпечення (достатньо Інтернет-браузера).

Послідовність перегляду експонатів віртуального музею протягом екскурсії може бути задана тим, хто її створив, але не обов'язковою для того, хто її переглядає, – користувач має змогу задати власну послідовність ознайомлення з експонатами.

Під час проведення екскурсії студенти можуть редагувати онтологію віртуального музею (додавати інформацію, робити нотатки тощо) в авторизованому онтологічному кабінеті [7], зберігаючи редаговану версію на локальний носій інформації, що дозволяє розвинути та закріпити знання із сучасних ІКТ.

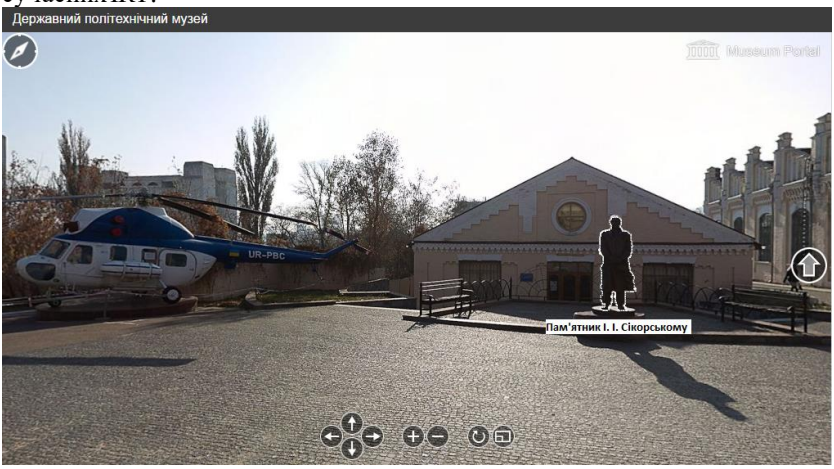

Рис. 1. Фрагмент 3D панорами віртуального Політехнічного музею при НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

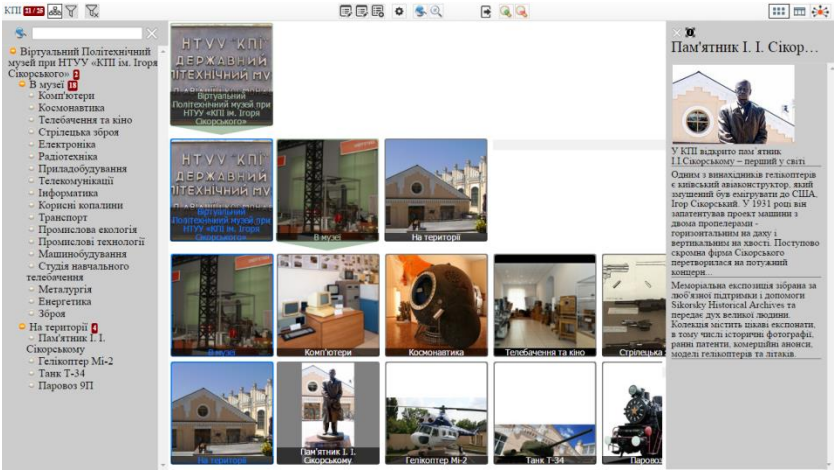

Рис. 2. Фрагмент онтологічного інтерфейсу віртуального Політехнічного музею при НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Узагальнення та систематизація побаченого й почутого протягом екскурсії 3D панорамою віртуального музею також може бути представлена студентами у вигляді онтології, яка, в свою чергу, може бути окремо виконаним творчим завданням (курсовою, дипломною роботою) або додатком до онтології вже існуючого віртуального музею.

Онтологія екскурсії 3D панорамою віртуального музею – не лише система знань про область дослідження, побудована на основі агрегованих та інтегрованих розподілених в мережі Інтернет інформаційних ресурсів, це й «вікно доступу» до інформації, що описує дотичні області, забезпечуючи трансдисциплінарність сприйняття обраної тематики.

Висновки

Завдяки високому ступеню наочності і ефекту присутності віртуальні екскурсії викликають небувалий інтерес у користувачів мережі Інтернет.

Екскурсія 3D панорамою віртуального музею, звичайно, не може замінити особисту присутність відвідувача, але дозволить отримати досить повне враження про досліджуваний об'єкт. Онтологічний підхід до формування таких екскурсій має ряд переваг перед традиційними підходами:

– Автоматизація обробки інформації про досліджуваний експонат підвищує продуктивність роботи дослідника.

– Допомагає ознайомитися з методами пошуку, систематизації і наочного подання інформації за допомогою ІКТ.

– Доступність, інтуїтивна зрозумілість тощо.

– Протягом екскурсії студенти-відвідувачі не лише інтерактивно взаємодіють з об'єктами вивчення та мають змогу отримати трансдисциплінарне уявлення про них, а й опановують практичні навички самостійного спостереження та аналізу.

Створення і проведення такого роду екскурсій сприяє закріпленню знань із сучасних комп'ютерних та Інтернет-технологій.

Література

1. *Louvre* — Режим доступу до ресурсу: louvre.historic.ru/virttour.shtml.
2. *The Museum of Modern Art* — Режим доступу до ресурсу: https://www.moma.org/.
3. Комп'ютерні онтології та їх використання у навчальному процесі. Теорія і практика : Монографія / [С. О. Довгий, В. Ю. Велічко, Л. С. Глоба та ін.]. — К. : Інститут обдарованої дитини, 2013. — 310 с.
4. *Стрижак А. Е.* Таксономические характеристики онтологических систем / А. Е. Стрижак // Бионика интеллекта, 2014. — № 2(83). — С. 24-29.
5. *Попова М. А.* Модель онтологического интерфейса агрегации информационных ресурсов и средств ГИС / М. А. Попова // International Journal "Information Technologies and Knowledge". — 2013. — Vol. 7, Number 4. — P. 362–370.
6. *Попова М. А.* Онтологія взаємодії в середовищі геоінформаційної системи [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / М. А. Попова; НАН України, Ін-т телекомунікацій і глоб. інформ. простору. Київ, 2014. — 240 с. укр.
6. Онтологічний кабінет дослідження життя та творчості Тараса Шевченка в середовищі науково-освітнього порталу KOBZAR.UA : Монографія / [С. О. Довгий, О. Є. Стрижак, Т. І. Андрущенко та ін.]. — К. : Інститут обдарованої дитини, 2016 — 175 с.

УДК 004.891.3: 004.054

Анализ результатов тестирования на основе гибридных ресурсных сетей.

к.т.н., доц. Пригожев А. С., Ленская К.Ф.
Одесский национальный политехнический универсистет, г. Одесса
o.s.prygozhev@opu.ua

В статье рассмотрен метод анализа результатов тестирования на основе гибридных ресурсных сетей, основанный на понятии десятичного эквивалента и анализе изображений. Сформулированы математические основы расчёта десятичных эквивалентов Синтезирована программная система для анализа результатов тестирования.

Введение

Важной составляющей задачи тестирования программного обеспечения является анализ данных, получаемых при тестировании. Базовой информацией для анализа данных, в этом случае, является преобразование входного набора значений в выходной набор.

Современные программы состоят из большого количества разных модулей, каждый из которых может тестироваться независимо друг от друга. Поэтому, на результат тестирования может влиять не только алгоритмическая структура модулей, но и последовательность их соединения и вызова, что может приводить к ошибкам в программном коде.

Современные автоматизированные системы тестирования ориентированы на полный перебор, использование временных логик[1], использование сетей Петри и WF-сетей[2] и ряд других подходов. Однако, все они требуют значительных затрат, направленных на ручной анализ результатов тестирования и требуют от тестировщика знаний, связанных с применением той или иной модели.

Решением данной задачи является разработка новых средств тестирования, основанных на изоморфных моделях программного кода и данных[3]. Однако, задача анализа данных, полученных в результате такого тестирования, требует понимания машиной семантики данного и реагирования на изменение этой семантики.

Целью настоящего исследования является разработка формального представления семантики данных для дальнейшего их анализа в рамках автоматизированной системы тестирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачу построения семантической модели для анализа данных, технологии проведения тестирования на основе гибридных ресурсных сетей и, непосредственно, анализа результатов этого тестирования.

Десятичный эквивалент типа данных

Понятие десятичного эквивалента простого типа данных

Для построения десятичного эквивалента строки необходимо задать функцию:

$$f_0 : \mathbb{C} \to Z \qquad (1)$$

где $\mathbb{C}$ - множество символов, используемых в типах данных, $Z \subset \mathbb{Z}_+$- подмножество целых положительных чисел. По сути, функция (1) задаёт некоторую таблицу символов (ASCII, Unicode и прочее). С другой стороны, формулу (1) можно рассматривать как соответствие знаков, задающих цифры (множество $\mathbb{C}$) и самих этих цифр (множество Z). В формуле (1) использованы целые положительные ($\mathbb{Z}_+$), а не натуральные числа ($\mathbb{N}$), поскольку необходимо иметь возможность представить символ с кодом 0, который присутствует в большинстве кодировок.

Таким образом, множество Z можно задать при помощи следующего характеристического свойства: $Z = \{z : 0 \le z \le |\mathbb{C}|\}$.

Функция десятичного эквивалента – это целочисленная функция нескольких переменных. Каждая переменная представляет собой результат вычисления функции (1). Аналитически функция представляется в виде:

$$f(z_1, z_2, \dots, z_n) = \sum_{i=0}^{n} |Z|^i * z \qquad (2)$$

где $|Z|$ – мощность множества $Z \subset \mathbb{Z}$, $z \in Z$ – целое значение, соответствующее некоторому символу, т.е. $z = f_0(c)$, где $c \in \mathbb{C}$.

По сути, формула (1) представляет собой формальную запись числа в системе счисления, основанием которой является мощность множества Z, т.е., по сути, размерность кодовой таблицы символов. Однако, такая запись позволяет построить алгоритм представления любого типа данных в форме десятичного эквивалента, а величина этого эквивалента будет прямо пропорционально величине числа.

Для дальнейшего изложения расчётов десятичного эквивалента для любого типа данных, введём в рассмотрение формальное определение строки символов в виде:

$$S = \cup_{i=0}^{n} \mathbb{C}^i \qquad (3)$$

где $\mathbb{C}^i$ – i-я декартова степень множества $\mathbb{C}$. Т.е. любая строка представляет собой декатртово произведение используемых в ней символов.

При этом, начальное значение i (0 или 1) показывает, допустима или нет значение «пустая строка»

Таким образом, если есть вектор $(c_1, c_2, \dots, c_n)$, представляющий строку символов, то для неё формула десятичного эквивалента перепишется в виде (4):

$$f(f_0(c_1), f_0(c_2), \dots, f_0(c_n)) = \sum_{i=0}^{n} |Z|^i * f_0(c_i) \quad (4)$$

Таким образом, десятичный эквивалент может быть построен для любого строкового и целого значения, основываясь лишь на представлении формулы (4). Отдельного рассмотрения требует построение десятичного эквивалента для дробного типа данных, а также любых типов, семантика которых основана на визуальном размере знака символа (верхний, нижний индексы и т.п.)

Построение десятичного эквивалента для дробных типов данных

Для дробных типов данных десятичный эквивалент строится исходя из того, что начертание символов и их вид также должны быть учтены в кодировке, представленной формулой (1). Начальные шаги в данном направлении уже сделаны в общей части кодировки ASCII, где малые и большие латинские буквы представлены со смещением 32, т.е. имеет место представление кода, показанное на рис.1

Номер бита	7	6	5	4	3	2	1	0
Значение бита	0	1	a	x	x	x	x	x

Рис. 1 Структура кодировки ASCII для латинских букв

Величина a принимает значение 0 для заглавных латинских букв, а 1 – для строчных латинских букв. Биты с 0 по 4 принимают произвольные значения. Однако, данный подход реализован не до конца. В частности, коды с 91 по 96 содержат символы, не относящиеся к английскому языку. Этот же принцип реализован и в таблице символов Unicode.

Для решения представленной задачи предлагается расширить понятие кодировки символов понятием «поле семантики». Структура такого кода представлена на рис. 2.

Код семантики	Код символа

Рис. 2 Семантическая кодировка символов

Поле семантики определяет смысловые характеристики того или иного симовола: верхний индекс, нижний индекс, язык и прочие пара-

метры, не относящиеся напрямую к самому виду символа. Если поле семантики равно 0, это означает, что семантика символа не определена, что позволяет обеспечить обратную совместимость с уже существующими кодировками символов. С другой стороны, ненулевовое поле семантики позволяет провести кодировку символов в рамках конкретной предметной области, поскольку позволяет перекодировать символы уже в рамках конкретной предметной области, что существенно снижает величину десятичного эквивалента и позволяет осуществлять анализ данных с учётов семантики предметной области

Отметим также, что поле семантики добавляется не только к коду конкретного символа, но и к самому десятичному эквиваленту, поскольку позволяет сделать значения данного эквивалента уникальными.

Применение понятия десятичного эквивалента для анализа результатов тестирования

Использование десятичных эквивалентов позволяет свести задачу изменения типов данных к задаче анализа подобия двух изображений. Это особенно важно в тех случаях, когда речь идёт об анализе результатов тестирования программного обеспечения.

Последовательность результатов тестирования на основе гибридных ресурсных сетей имеет вид функции от времени [], в которой каждому значению переменных сопоставляется значение этой переменной, область её видимости, а также тип переменной. Все эти значения вычисляются в процессе имитации выполнения программы и алгоритма на основе гибридной ресурсной сети.

Далее, полученные значения преобразуются к десятичным эквивалентам, и выполняется их упорядочивание как по времени, так и по порядку следования переменных. Порядок следования переменных должен быть одинаковым как для программы, так и для алгоритма.

После выполнения этих шагов, десятичные эквиваленты представляются как коды соответствующих цветов. На рис. 3 изображен рисунок, соответствующий таблице результатов сортировки методом «пузырька» во временной развёртке

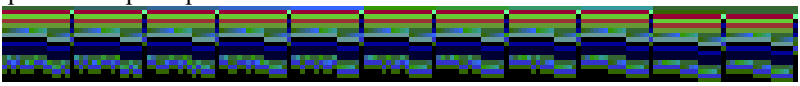

Рис. 3. Изображение для сортировки методом пузырька.

На рис. 3 каждый пиксель изображения соответствует десятичному эквиваленту. Начало процесса тестирования (временной момент t=0) соответствует левому краю изображения. Правый край изображения – конец работы алгоритма

Данное изображение имеет 176 пикселей в длину и 17 пикселей в ширину. Длина изображения обуславливается временем исполнения, а ширина – количеством переменных, используемых в алгоритме.

Для реализации сравнения была синтезирована программная система, позволяющая строить подобные изображения на основе результатов тестирования. Она состоит из двух основных модулей: модуль конвертации таблицы в битовый массив, и модуль создания из битового массива определённого изображения. Конвертация в битовый массив позволяет представить таблицу результатов тестирования в виде, удобном для кодирования изображения. Модуль кодирования изображения при построении должен учитывать, что каждый десятичный эквивалент должен соответствовать одному пикселу. На вход системы поступает таблица тестирования, а на выходе генерируется изображение, соответствующее входной таблице.

Выводы

В результате исследования предложено использование понятия десятичного эквивалента как численного описания семантики данных для компьютерных систем. Для вычисления данного значения для произвольного типа данных была синтезирована функция, позволяющая по любому набору значений вычислить значение десятичного эквивалента.

Для представления семантики конкретных знаков предложен формат семантического кодирования, как усовершенствования известных кодировок символов для компьютерных систем, в части расширения их полем «код семантики», которое имеет нулевое значение для символов без семантики, и ненулевое значение для символов, имеющих такую семантику. Поле семантики позволяет кодировать символы с учётом той предметной области, в которой они используются.

Для анализа результатов тестирования предложено использовать методы, основанные на построении изображений, где цвет каждого пикселя обуславливается величиной десятичного эквивалента данного в определённый момент времени. Это позволяет, в дальнейшем, применять методы сравнения изображений для анализа результатов тестирования. Синтезирована программная система для построения таких изображений по результатам тестирования на основе гибридных ресурсных сетей.

Как перспективное направление дальнейших исследований следует выделить анализ существующих алгоритмов обработки изображений на предмет их применимости для анализа результатов тестирования, а также исследование особенностей изображений для различных классов алгоритмов.

Литература

1. Ricardo Caferra. Logic for Computer Science and Artificial Intelligence. — John Wiley & Sons, 2013. — 537 p
2 Wil M. P. van der Aalst:Challenges in Business Pro-cess Management: Verification of Business Processing Using Petri Nets. Bulletin of the EATCS 80, 2003:pp 174-199
3. А. С. Пригожев, Д. А. Неизвестный, О. С. Ларионова Архитектура среды тестирования на основе моделей гибридных ресурсных сетей // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2016 .- № 5 .- с. 84-92

.

УДК 004.853, 004.55

Разработка методов интеграции wiki-ресурсов с онтологиями предметных областей

Рогушина Ю.В., к.ф.-м.н., доц., Институт программных систем НАН Украины, г. Киев, ladamandraka2010@gmail.com

Обосновывается актуальность использования онтологического анализа с интеллектуальных приложениях для управления распределенными знаниями. Предлагаются методы интеграции онтологий с семантически размеченными информационными ресурсами, в частности, с Semantic MediaWiki. Рассматривается сфера приложения предложенных методов.

Введение

Переход к системам, которые базируются на знаниях, является одной из базовых тенденцией развития современных информационных технологий. В настоящее время все большая часть приложений являются интеллектуальными, т.е.при своей работе используют и обрабатывают знания. Основным характерным свойством ИИС является их способность использовать знания для достижения ожидаемых результатов в своей работе.

Интеллектуальная информационная система (ИИС) представляет собой информационную систему, в которой использование знаний о предметной области (ПрО) и о методах их обработки играют решающую роль. Для интероперабельного представления знаний в ИИС широко применяются онтологии [1], которые обеспечивают повторное использование полученных знаний в различных приложениях. Особый интерес представляет применение онтологического анализа как основы для обработки распределенных знаний. Для ИИС, ориентированных на работу в Web, основным источником внешних онтологий являются информационные ресурсы (ИР) этой открытой среды.

Управление знаниями в интеллектуальных системах

В связи с тем, что современные ИИС используют и генерруют большие по объему и сложные по структуре совокупности знаний, возникает проблема разработки ээфективных методов управления ими.

Управление знаниями – это совокупность процессов, связанных с эффективным созданием, сохранением, распространением и использованием знаний для достижения целей. Любая ИИС может поддерживать определенное подмножество функций управления знаниями. Для Web-ориентированных ИИС эта задача усложняется тем, что нужно осуществлять управление распределенными и гетерогенными знаниями. В отличие от традиционных ИИС, те системы, которые ориентированы на работу в Web, для своего функционирования нуждаются в получения информации из внешних ресурсов.

Анализ современных исследований в области управления знаниями показывает, что, несмотря на значительные достижения в сфере Data Mining и Text Mining, извлечение знаний из естественно-языковых неструктурированных ИР остается крайне трудоемкой и полностью не автоматизированной задачей. Значительно более эффективнее осуществляется извлечение знаний из ИР, содержащих семантическую разметку, которую можно сопоставить с теми или иными структурами формализованного представления знаний. В то же время для достижения практически полезных результатов необходимо ориентироваться на те средства семантической разметки, которые уже сегодня получили достаточно широкое распространение [2].

Всем этим требованиям удовлетворяют ИР, представленные при помощи семантических Wiki, в частности, на остнове Semantic MediaWiki: эта платформа сегодня широко используется, сформированные на ее основе ИР часто обновляются и быстро увеличиваются. Анализ таких ИР позволяет формировать и пополнять онтологии различных ПрО. Встроенные средства Semantic MediaWiki позволяют строить онтологии, представленные на языке OWL, но эти средства несовершенны и недостаточно гибки для того, чтобы построенную с их помощью онтологию можно было интероперабельно применять в других ИИС. Важно, что для одного и того же Wiki-ресурса можно применять разметку на основе разных онтологий – отображающих те ПрО, для которых осуществляется разметка. Поэтому необходимо разработать более совершенные методы формирования и пополнения онтологий на основе семантических Wiki-ресурсов.

Постановка задачи

Чтобы обеспечить интеллектуальные информационные системы возможностью импортировать, модифицировать и обновлять онтологические знания, извлекаемые из внешних семантически размеченных Wiki-ресурсов, необходимо построить онтологическую модель ПрО, которая

будет использоваться для семантической разметки и разработать метод ее преобразования в конструкции Semantic MediaWiki (категории и семантические свойства), а также обеспечить возможность уточнения и усовершенствования начальной онтологии ПрО на основе анализа семантически размеченных Wiki-ресурсов, то есть разработать метод преобразования конструкций Semantic MediaWiki в онтологию, представленную на языке OWL.

Семантические компоненты Semantic MediaWiki

Семантизация Wiki является одной из перспективных направлений Semantic Web. Semantic MediaWiki (SMW) позволяет пользователям добавлять семантические аннотации к Wiki-страницам, используя дополнительные элементы разметки – категории, семантические свойства и запросы, превращая MediaWiki в семантический ресурс [3]. SMW использует концепцию семантических свойств (для создания данных) и семантических запросов (для использования данных). Пользователи размечают статьи категориями и свойствами, чтобы информация становилась доступной для запросов.

Для привязывания данных к Wiki-страницам используются семантические свойства. Каждое свойство имеет тип, название и значение, кроме того, ему соответствует отдельная Wiki-страница в специальном пространстве имен, которая позволяет задавать тип свойства, определять его положение в иерархии свойств, а также документировать его использование. Свойства, в отличие от категорий MediaWiki, имеют не только название, но и значение. Кроме того, в Semantic MediaWiki, как и в обычных Wiki-ресурсах, могут использоваться на ссылки на другие Wiki-страницы.

Основные компоненты онтологий

Онтологический анализ позволяет превращать описание определенного представления о внешнем мире в набор терминов и правил их использования, пригодных для машинной обработки. Компоненты, из которых складываются конкретные онтологии, зависят от парадигмы представления, но практически все модели онтологий содержат определенные концепты (понятие, классы), свойства концептов (атрибуты, роли), отношение между концептами (зависимости, функции) и ограничения применения, которые определяются аксиомами. В общем случае формальная модель онтологии O – это упорядоченная тройка O=<T,R,F>, где T – множество понятий ПрО; R – множество отношений между ними; F – множество функций интерпретации понятий и отношений. Эта формальния

модель может быть конкретизирована в зависимости от назначенмя и сферы применения онтологии. Сейчас в ИИС для представленя онтологий чаще всего используются различные диалекты языка OWL.

Будем использовать формальную модель $O = \left\langle X = X_{cl} \cup X_{ind}, R = r_0 \cup \{r_i\} \cup \{p_j\}, F, T \right\rangle$ [4], которая состоит из таких элементов: $X = X_{cl} \cup X_{ind}$ – множество концептов онтологии, где X_{cl} – множество классов, X_{ind} – множество экземпляров классов, таких, что $\forall a \in X_{ind} \exists A \in X_{cl}, a \in A$; $R = r_{ier_cl} \cup \{r_i\} \cup \{p_j\}$ – множество отношений между элементами онтологии, где r_{ier_cl} – иерархическое отношение, которое может устанавливаться между классами онтологии и свойствами классов и характеризуется такими свойствами, как антисимметричность и транзитивность, $r_{ier_cl} : X_{cl} \to X_{cl}$; $\{r_i\}$ – множество объектных свойств, которые устанавливают отношение между экземплярами классов: $r_i(a, a \in X_{ind}) = b, b \in X_{ind}$, $r_i : X_{ind} \to X_{ind}$; $\{p_i\}$ – множество свойств данных, которые устанавливают отношения между экземплярами классов и значениями: $p_i(a, a \in X_{ind}) = t, t \in T$, $p_i : X_{ind} \to Const$ причем внутри множеств объектных свойств и свойств отношений также могут существовать иерархические отношения r_{ier_obj}, $r_{ier_obj} : \{r_i\} \to \{r_i\}$ и r_{ier_data}, $r_{ier_data} : \{p_j\} \to \{p_j\}$; F – множество свойств классов онтологии, экземпляров классов и их свойств, которые могут применяться для логического вывода (например, эквивалентность, отличие); T – множество типов данных (например, строка, целое).

Выбор именно такиой модели онтологии обуславливается следующими причинами. Во-первых, она наиболее полно соответствует интуитивному представлению об онтологиях, заложенному в пользовательском интерфейсе редактора онтологий Protégé. Во-вторых, эта модель достаточно легко интегрируется с моделью тезауруса задачи, который используется для семантического поиска. В-третьих, эту модель позволяет сопоставить онтологическое представление знаний о ПрО с семантическими конструкциями Semantic MediaWiki: для некоторых элементов может быть сформировано взаимно-однозначное соответствие, а сопоставление других требует дополнительных преобразований, но может быть частично автоматизировано.

Важным аспектом предложенной модели является возможность ее интеграции с формальной моделью тезауруса задачи, который используется для семантического поиска.

Онтологии в семантической разметке

При обработке информации на естесвенном языке возникает необходимость в использовании знаний о ПрО, для чего часто используются специализированные онтологии. Основное их назначение в таких задачах – обеспечить связь между фрагментами текста на естественном языке (ЕЯ) и понятиями предметной области (например, классами или экземплярами онтологии).

Сегодня наиболее распространенными подходами к представлению лингвистических знаний являются традиционные информационно-поисковые тезаурусы, тезаурус WordNet и специализированные онтологии. С тезаурусами тесно связаны *лексические онтологии (ЛО)* – БЗ онтологического типа о понятийной системе и лексико-терминологическом составе ПрО [5], которые используют для автоматизации семантической разметки. ЛО содержит два класса: «понятие ПрО» и «словоформа», между экземплярами которых классов существует отношение «соответствует»: $\forall t_i \in T \exists l_{i_1} \in' словоформа' = t_i$.

Сопоставление онтологий и Wiki-ресурсов

При создании семантических Wiki-ресурсов необходимо вначале сформировать набор категорий и семантических свойств. Но встроенные средства Semantic MediaWiki не позволяют ни визуализировать эту информацию, ни оценить ее целостность и непротиворечивость. Поэтому целесообразно вначале построить онтологию ПрО, отображаемой в Semantic MediaWiki, а затем использовать ее в качестве основы для семантической разметки. Кроме того, семантически размеченные Wiki-ресурсы намного более динамичны по сравнению с онтологиями – в их усовершенствовании и обновлении может участвовать широкий круг пользователей, и поэтому они могут быть полезны для усовершенствования онтологии ПрО [6]. При этом часть соответствий взаимно-однозначны и могут выявляться автоматически, часть требуют уточнений от пользователя.

В Wiki страница может быть отнесена к различным категориям, но можно выбрать какие именно категории участвуют в построении онтологии). В зависимости от способа Wiki, одна страница может соответствовать набору экземпляров онтологии разных классов, каждый из которых

связан с одним из подразделов. Wiki-странице могут соответствовать несколько экземпляров классов онтологии. Для пополнения ЛО словоформами используется информация из конструкции Semantic MediaWiki: [[семантическое свойство:: термин |словоформа]]

Semantic MediaWiki	Онтология	Тип соответствия
Категория	Класс	Взаимно-однозначное
Иереархия категорий	Иерархия классов	Однозначное от онтологии к Wiki
Wiki-страница	Экземпляр класса	Однозначное от онтологии к Wiki
Ссылка на Wiki-страницу	Объектное отношение ассоциации	Взаимно-однозначное
Семантическое свойство типа «страница»	Объектное свойство, специфичное для ПрО	Взаимно-однозначное
Семантическое свойство другого типа	Свойство данных, специфичное для ПрО	Взаимно-однозначное
Шаблоны	Классы, специфичные для ПрО	Однозначное от Wiki к онтологии
Значения семантических свойств	Лексическая онтология	Однозначное от Wiki к онтологии

Таким образом, онтологию достаточно просто использовать в Semantic MediaWiki. Но обратный процесс не может быть полностью автоматизирован. Более того, при автоматической генерации онтологии по Semantic MediaWiki будут утеряны сведения, содержащиеся в OWL-онтологии о характеристиках классов и свойств, которые не имеют аналогов Wiki (в частности, об эквивалентности классов и свойств, их непересекаемости, об их области значения и определения). В то же время, часть контента Semantic MediaWiki не может быть непосредственно трансформирована в онтологии. Например, то, что в страницах испрользован одни и тот же шаблон, говорит о том, что на эти страницах описаны информационные объекты одного типа, но для отображения этого в онтологии надо создать специфичный класс и связать его с элементом страницы. Но затем по такой онтологии невозможно понять, что надо создать в Wiki – шаблон или категорию: выбор зависит от пользователя, т.к. для ИО со специфичной, но формализованной структурой целесообразно создавать шаблоны, а во всех остальных случаях – страницы, которые будут отнесены к какой-либо категории.

Практическое использование

Предложенный подход к управлению знаниями был апробирован при разработке интеллектуальной системы информационного и когнитивного сопровождения функционирования Национальной рамки квалификаций. На основе анализа естественноязыковых описаний национальных и европейских рамок [7] была построена онтология, которая отображала эталонную модель рамки квалификаций. Эта модель описывает семантические свойства и отношения ИО, которые связаны с результатами обучения [8]. Онтология формализует отношение между этими ИО и устанавливает их иерархию. Пользователь семантически размечает контент Wiki-страниц элементами этой онтологии: определяет категорию (или набор категорий) документу и идентифицирует элементы его контента.

Литература

1. *Gruber, T. R.* What is an Ontology? – http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html.
2. *Гладун А.Я.,* Рогушина Ю.В. Семантичні технології: принципи та практики. – К.:ТОВ "ВД "АДЕФ-Україна", 2016. – 308 с.
3. Krotzsch, M., Vrandecic, D., Volkel, M. Semantic MediaWiki. – http://c.unik.no/images/6/6d/SemanticMW.pdf.
4. *Рогушина, Ю. В.* Семантичний пошук у Web на основі онтологій: розробка моделей, засобів і методів / Ю. В. Рогушина. – Мелітополь: МДУПУ ім. Богдана Хмельницького, 2015. – 291 с.
5. *Лесько О.,* Рогушина Ю.. Использование специализированной лексической онтологии для автоматизации формирования онтологии предметной области по естественно-языковым текстам. // Information Models of Knowledge. ITHEA, KIEV – SOFIA, 2010. – P. 93-100
6. *Rogushina, J.* Semantic Wiki resources and their use for the construction of personalized ontologies // CEUR Workshop Proceedings 1631, 2016. – P.188-195.
7. *Lundqvist K.,* Baker K. D., Williams S. A.An ontological approach to competency management. – http://www.eife-l.org/publications/proceedings/ ilf07/ Contribution110.pdf.
8. *Rogushina J.,* Pryima S. Use of ontologies and the Semantic Web for qualifications framework transparency // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1/2 (85) 2017. – P.25-30.

УДК 004.853, 004.55

Використання онтологічного аналізу для забезпечення прозорості рамок кваліфікацій

Рогушина Ю.В., к.ф.-м.н., доц., Институт программных систем НАН Украины, г. Киев, ladamandraka2010@gmail.com

Прийма С. М. , д.пед.н., доцент, Мелитопольский державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, , Мелітополье-mail: pryima.serhii@gmail.com

Обґрунтовано актуальність створення інструментальних засобів забезпечення прозорості Європейської та національних рамок кваліфікацій. Розроблено модель рамки кваліфікацій, що базується на еталонній онтології компетентностей, та метод її застосування на основі Semantic MediaWiki. Створено програмну реалізацію семантичного пошуку на базі цієї онтології для поповнення Wiki-ресурсу.

Вступ

Національна система кваліфікацій України передбачає запровадження Національної рамки кваліфікацій (НРК) [1, 2], що узгоджуватиметься з Європейською рамкою кваліфікацій (ЄРК), сприятиме більшому розумінню національних кваліфікацій і реалізовуватиме концепцію неперервної освіти. Але природномовні описи кваліфікацій та результатів навчання в інформаційних ресурсах (ІР) не придатні для автоматизованого опрацювання навіть у межах однієї рамки кваліфікації. Співставлення різних рамок ускладнюється ще більше через відмінності у термінологічній базі та у принципах класифікації. Це викликає потребу у пошуку такої моделі подання даних, яка дозволила б формалізувати семантику цих категорій для їх автоматизованого аналізу та пошуку в інтелектуальних інформаційних системах. Встановлення співвідношень між рівнями кваліфікацій Європейської (EQF) та національних (NQF) рамок можна розглядати як окремий випадок проблеми семантичного пошуку складних ІО, до рішення якого на сьогодні вже запропоновано велику кількість різноманітних методів та підходів для автоматизації обробки знань [3], в тому числі – на основі онтологічного аналізу, який забезпечує інтероперабельне та формалізоване подання знань ПрО [4].

Постановка задачи

Розробка еталонної онтологічної моделі національних та Європейської рамок кваліфікацій має формалізувати знання щодо властивостей базових ІО, які стосуються результатів навчання, та надати теоретичний апарат для їх зіставлення ІО.

Результати досліджень рамки кваліфікацій

Для розробки еталонної моделі рамки кваліфікацій (ЕМРК) проаналізовані природномовні описи національних та європейських рамок [5]. На основі цього аналізу побудована модель даних рамки кваліфікацій, яка містить ті ІО та їх властивості, які характерні для більшості розглянутих підходів. ЕМРК визначає семантичні властивості та відношення ІО, що стосуються результатів навчання (рис.1). Класи ЕМРК відповідають класам ІО даної ПрО. ЕМРК формалізує відношення між цими ІО та встановлює їх ієрархію.

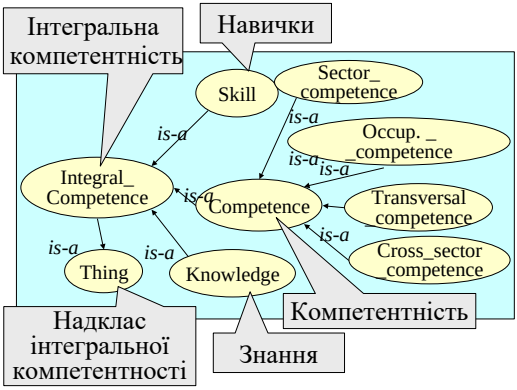

Рис. 1. Ієрархія компетентностей ЕМРК

В ЕМРК описані властивості цих класів (як об'єктні властивості, так і властивості даних) та відношення між цими базовими термінами та їх підкласами. Класи в моделі даних поєднуються у групи та підгрупи різного рівня залежно від специфіки предметної області.

Кожен екземпляр ІО $x \in X$ може бути представлений як $\left\langle \left(r_{obj_i}, \{x_k\}\right), \left(r_{data_j}, \{d_m\}\right) \right\rangle$, де r_{obj_i} – об'єктні властивості онтології ПрО,

$r_{data\,j}$ – властивості даних онтології ПрО, x_k – довільні екземпляри різних класів ІО, а d_m – константи різних типів. Кожна r_{obj_i} може розглядатися як $r_{obj_i} : \{X_{in_{i_1}},...,X_{in_{i_k}}\} \to \{X_{out_{i_1}},...,X_{out_{i_m}}\}$, тобто для кожної об'єктної властивості визначається область значення та область визначення з підмножин ІО.

Крім традиційних для рамок кваліфікацій ІО ми пропонуємо використовувати додатковий клас ІО – атомарні компетентності [6], які призначаються для зіставлення екземплярів різних класів ІО шляхом оцінки їх семантичної близькості. Атомарна компетентність а має наступні властивості: $a \in C$, де К – множина ІО класу "Компетентність", а C_{atomic} – множина атомарних компетентностей, тобто $C_{atom} \subseteq C$; кожна компетентність може бути представлена як об'єднання атомарних компетентностей $\forall c \in C \exists a_i \in C_{atomic}, i = \overline{1,n}, k = \bigcup_{i=1}^{n} a_i$; жодна атомарна компетентність не є підмножиною іншої атомарної компетентності $\forall a,b \in C, a \subseteq b \Rightarrow b \notin C_{atomic}$. Для кожної компетентності $c \in C$ існує один і тільки один набір атомарних компетентностей.

Існує простий алгоритм побудови атомарних компетентностей: якщо дві компетентності $a \in C$ та $b \in C$ перетинаються $a \cap b \neq \varnothing$, тоді за ними будується три потенційно атомарні компетентності $c = a \cap b$, $a_1 = a \setminus c$ та $b_1 = b \setminus c$. Ця операція повторюється ітераційно до всіх пар компетентностей, поки для кожної компетентності не буде побудовано множину атомарних компетентностей, що не перетинаються.

Основна проблема у цьому алгоритмі пов'язана з тим, що на кожному кроці потрібно аналізувати семантику компетентностей, які описані природною мовою, з використанням знань ПрО, тому цей процес неможливо виконувати автоматизовано без участі експертів.

Для забезпечення прозорості рамок кваліфікацій пропонується використовувати умови щодо компетентностей, які характеризують властивості екземплярів ІО. Користувач може явно вказувати, які саме об'єктні властивості його цікавлять. Тоді функція семантичної близькості між ІО обчислюється наступним чином:

$$S\left(x,y,r_{obj_i}\right) = \sum_{j=1}^{n} s_j\left(x,y,r_{obj_i}\right), \qquad (1)$$

де $s_j\left(x,y,r_{obj_i}\right)=\begin{cases}1, c_j \in C\left(r_{obj_i},x\right) \wedge c_j \in C\left(r_{obj_i},x\right)\\ 0, c_j \notin C\left(r_{obj_i},x\right) \vee c_j \notin C\left(r_{obj_i},x\right)\end{cases}$

Якщо користувач цього не робить, тоді порівнюються в першу чергу ті множини атомарних компетентностей, які пов'язані з ІО однаковими об'єктними властивостями, тобто підраховується сума оцінок семантичної близькості (1):

$$S(x,y)=\sum_{i=1}^{m} S\left(x,y,r_{obj_i}\right), \qquad (2)$$

Важливою перевагою запропонованої моделі пошуку є те, що при такому описі явно вказується семантика інформаційної потреби. Унаслідок цього можна здійснювати пошук, що диференціює різні відносини між шуканим ІО і набором компетентностей.

Використання ЕМРК в Semantic MediaWiki

Використання ЕМРК дозволяє автоматизувати обробку інформації, що стосується результатів навчання, інтегруючи знання, що відповідають потребам користувача. Побудувавши таку онтологію, можна виконувати SPARQL-запити до неї для отримання потрібних знань. Але виникають проблеми, пов'язані з поповненням онтології відомостями щодо нових екземплярів ІО: для цього потрібні специфічні навички з онтологічного аналізу [7]. Тому виникає потреба у використанні технологічної платформи, орієнтованої на користувачів, що не спеціалізуються в інженерії знань. Такою платформою є Wiki-середовище, яке дозволяє користувачам самостійно доповнювати та редагувати контент сторінок.

Це значно розширює сферу використання такої системи порівняно з традиційними базами даних та системами управління контентом. Технологія Wiki забезпечує актуальність отриманих результатів – контент сторінок автоматично поновлюється після виникнення змін на сторінках, які є для них інформаційними джерелами. В процесі застосування онтологічної моделі компетентностей для семантичної розмітки на основі Semantic MediaWiki користувач семантично розмічує ІР елементами цієї онтології: визначає категорію (або набір категорій) кожного документу та ідентифікує окремі елементи його контенту. Приміром, можна визначити певну сторінку як опис спеціальності та вказати її рівень, назву, основні компетентності тощо. Розмітка дозволяє виконувати складні семантичні запити – приміром, знайти всі навчальні заклади в певному місті, та де викладаються дисципліни, що містять певний визначений користувачем набір компетентностей.

Користувач може отримувати результати вже побудованих запитів щодо компетентностей, спеціальностей, рівнів рамок кваліфікації тощо, які інтегровані до Wiki-сторінок (рис.2). Він може також створювати такі запити самостійно, освоївши відповідну формальну мову.

Рис. 2. Виконання запиту у Semantic MediaWiki

Semantic MediaWiki дозволяє також знаходити семантично близькі екземпляри ІО. Приміром, можна побудувати запит, який знаходить всі професії, в яких застосовуються компетентності певної спеціальності, та впорядковує їх відповідно до критерію (1).

Використання ЕМРК для семантичного пошуку

Слід враховувати динамічність відкритого інформаційного середовища Web – потрібно постійно оновлювати інформацію та аналізувати, приміром, нові державні і міжнародні стандарти і нормативи, пов'язані з описом результатів навчання. Для цього доцільно застосовувати *системи семантичного пошуку* (ССП), де роль бази знань щодо ПрО пошуку виконує ЕМРК. Приміром, ССП "МАІПС" [8] застосовує онтології для перевпорядкування результатів пошуку відповідно до інтересів користувачів та їх задач, які визначаються за допомогою тезаурусу (рис. 3). МАІПС спрощує поповнення Wiki-ресурсу: результати пошуку семантично розмічаються термінами з тезаурусу задачі, й з них відбираються ті, які містять більше таких термінів

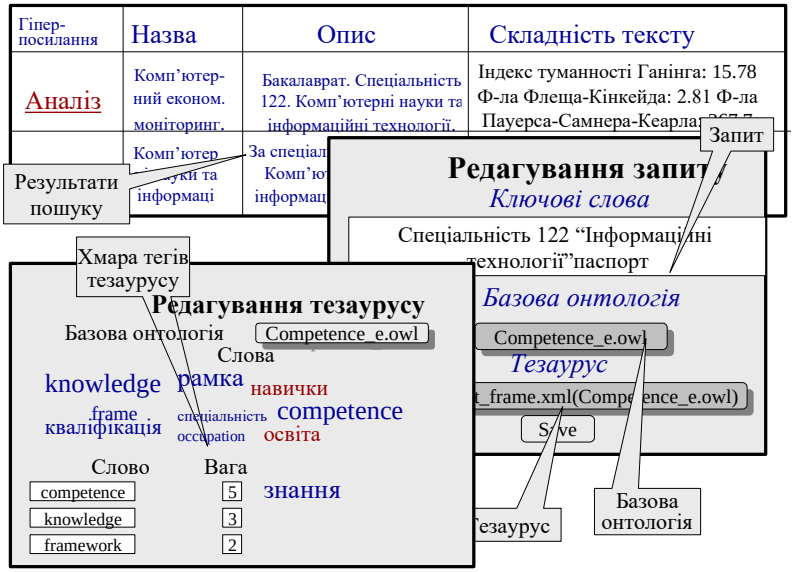

Рис. 3. Використання онтології компетентностей для пошуку

Висновки

Роботу виконано в межах проекту прикладного дослідження «Розробка інтелектуальної системи інформаційного та когнітивного супроводу функціонування Національної рамки кваліфікацій» ДР № 0115U00257).

В результаті проведених досліджень отримані наступні результати:

- на основі аналізу національних та міжнародних рамок кваліфікацій побудовано еталонну онтологічну модель, яка формально визначає базові поняття даної ПрО та відношення між ними;

- на основі аналізу компетентностей розроблено теоретичні основи для обґрунтування методу зіставлення ІО, які стосуються результатів навчання (таких як спеціальності, дисципліни, освітні організації, професії тощо) та посилаються на різноманітні набори атомарних компетентностей за допомогою семантичних властивостей, формалізованих в еталонній онтологічній моделі;

проаналізовано засоби інтеграції онтологічної моделі рамок кваліфікацій з технологічною платформою Semantic MediaWiki, що дозволяє забезпечити як семантичну розмітку інформаційних ресурсів кате-

горіями та відношеннями обраної онтології, так і семантичний пошук потрібної інформації, а також розроблено засоби семантичного пошуку в Web на основі онтологічної моделі рамок кваліфікацій для поповнення Wiki-ресурсу актуальними відомостями щодо релевантних інформаційних об'єктів.

Литература

1. *Сухарніков Ю.* Концептуальні підстави розробки і впровадження національної рамки (академічних) кваліфікацій України // Вища школа. – 2012. – № 3. – С. 16-38.
2. *Луговий В.,* Таланова Ж. Національна рамка кваліфікацій: розуміння і реалізація // Професійно-технічна освіта. – 2010. – № 1. – С. 5-9.
3. *Lundqvist K.*, Baker K. D., Williams S. A.An ontological approach to competency management. – http://www.eife-l.org/publications/proceedings/ ilf07/ Contribution110.pdf.
4. *Gruber, T. R.* What is an Ontology? – Режим доступу : http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html.
5. *Подковко Х.В.* Компетенції як складові компоненти розробки Національної рамки кваліфікації // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. — Чернігів:ЧНПУ, 2011. — http://www.nbuv.gov.ua/portal/.
6. *Rogushina J.*, Gladun A. Ontology-based competency analyses in new research domains // Journal of Computing and Information Technology. – 2012. – V. 20. – № 4. – P. 277–293.
7. *Рогушина Ю.В.,* Гладун А.Я., Осадчий В.В., Прийма С.М. Онтологічний аналіз у Web. Монографія. – Мелітополь: МДПУ ім. Богдана Хмельницького, 2015. – 407 с.
8. *Rogushina, J.* Use of the Ontological Model for Personification of the Semantic Search // International Journal of Mathematical Sciences and Computing(IJMSC), Vol. 2, No. 1, 2016. – P.1-15

УДК 004.89:004.4

Построение онтологических моделей алгоритмов роевого интеллекта для иммунносетевого моделирования лекарств

Самигулина Г.А., д.т.н., доцент, Масимканова Ж.А., магистрант, Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, г. Алматы, Казахстан, E-mail: masimkanovazh@gmail.com

В работе рассматривается разработка интеллектуальной информационной системы ведения научных исследований и прогнозирования зависимости структура-свойство/активность новых лекарственных соединений на основе инновационных интеллектуальных методов. Построены онтологические модели алгоритмов роевого интеллекта для выделения оптимального набора дескрипторов и дальнейшего иммунносетевого моделирования лекарственных препаратов.

Введение

Проектирование новых лекарственных соединений является сложным, состоящим из нескольких этапов процессом, который занимает много времени и требует существенных трудовых и финансовых затрат. При разработке новых лекарственных препаратов необходимо создание соединений с заданной биологической активностью. На основе анализа структуры соединений с заданными свойствами можно предсказывать структуру нового соединения. Прогнозирование зависимости структура-свойства/активность лекарственных веществ и выявление связей между структурой соединений и их активностью [1] является актуальной проблемой фармакологии.

В задачах прогнозирования большое значение имеет описание поведения системы на основе оптимального набора признаков (дескрипторов). Одним из важных этапов процесса прогнозирования зависимости структура-свойства/активность является выделение информативных дескрипторов для уменьшения размерности дескрипторного пространства. Дескриптор – параметр, характеризующий структуру соединения, химические и биологические свойства веществ. Построение адекватной модели на основе оптимального набора дескрипторов увеличивает вероятность принятия правильных решений [2]. Это позволяет исключить не-

желательные варианты на ранних стадиях планирования синтеза, предложить оптимальные структуры эффективных соединений, тем самым снизить затраты ресурсов на синтез и испытания.

В настоящее время актуально применение новых инновационных интеллектуальных методов для решения задачи предсказания новых соединений с заданными свойствами. К ним относятся нейронные сети, эволюционные алгоритмы, искусственные иммунные системы, методы роевого интеллекта и др. Использование интеллектуальных методов при проектировании лекарственных препаратов позволяет существенно упростить процесс отбора новых химических соединений с заданными свойствами в кандидаты лекарственных препаратов. Среди них выделяются имитационные методы, которые основаны на моделировании поведения общественных живых существ и широко применяются для решения оптимизационных задач. Наиболее распространёнными алгоритмами роевого интеллекта являются методы муравьиной и пчелиной колоний, а также алгоритм роя частиц.

Интеллектуальная технология прогнозирования зависимости структура-свойства/активность

Разработка интеллектуальной технологии прогнозирования зависимости структура-свойства/активность на основе иммунносетевого моделирования состоит из следующих задач [3]: выбора химических соединений для исследования; описания структуры соединений на основе дескрипторов; отбора информативных дескрипторов и построения оптимального набора дескрипторов для дальнейшего иммунносетевого моделирования; классификация и обучение искусственной иммунной системы; распознавания образов на основе сингулярного разложения матриц [4] для определения класса; оценки энергетических ошибок для определения эффективности распознавания образов; отбора кандидатов лекарственных соединений с заданными свойствами для дальнейших исследований. Отбор информативных дескрипторов позволяет находить оптимальное количество дескрипторов, при котором после иммунносетевого моделирования и прогнозирования свойств новых химических соединений ошибка обобщения будет минимальной.

Разработка интеллектуальной системы с использованием онтологических моделей позволяет учитывать особенности функционирования и взаимосвязи, снижает временные и вычислительные ресурсы [5]. Особенно актуально применение онтологических моделей при иммунносетевом моделировании. Построение онтологических моделей алгоритмов роевого

интеллекта позволяет структурировать данные, учитывая характеристики химических веществ при создании новых лекарственных соединений.

Постановка задачи формулируется следующим образом: необходимо разработать онтологические модели алгоритмов роевого интеллекта для решения задачи выделения информативных дескрипторов и дальнейшего иммунносетевого моделирования новых лекарственных препаратов с заданными свойствами.

В работе [5] предложена интегрированная онтологическая модель иммунносетевой технологии. Модель включает в себя онтологическую модель предварительной обработки данных, онтологическую модель распознавания образов и онтологическую модель оценки энергетической ошибки. Интегрированная онтологическая модель представляется в виде картежа:

$$OM_{IIT} = \langle OM_{PR}, OM_{IR}, OM_{AEE} \rangle,$$

где OM_{PR} – онтологическая модель предварительной обработки данных;

OM_{IR} – онтологическая модель распознавания образов;

OM_{AEE} – онтологическая модель оценки энергетической ошибки.

Так как не существует универсальных методов обработки данных, которые зависят от качества и размера данных, наличия независимых дескрипторов, критериев оптимальности и т.д., поэтому при построении оптимальной иммунносетевой модели применяется мультиалгоритмический подход [6], который позволяет использовать несколько различных методов искусственного интеллекта для отбора дескрипторов. В результате выбирается тот алгоритм, использование которого дает минимальную ошибку обобщения при прогнозировании.

Отбор информативных дескрипторов осуществляется на основе алгоритмов роевого интеллекта: алгоритмов пчелиной и муравьиной колоний, а также алгоритма роя частиц. Онтологическая модель предварительной обработки данных на основе методов роевого интеллекта представлена в виде следующего картежа:

$$OM_{PR} = \langle OM_{ACO}, OM_{PSO}, OM_{ABC} \rangle,$$

где OM_{ACO} – онтологическая модель алгоритмов муравьиной колонии;

OM_{PSO} – онтологическая модель алгоритмов роя частиц;

OM_{ABC} – онтологическая модель алгоритмов пчелиной колонии;

Существует множество модификаций классического алгоритма муравьиных колоний (AntSrank, MMAS, EAS, Ant-Q, ACS) построенных с учетом уменьшения вероятности преждевременной сходимости путем изме-

нения характеристик движения агентов и динамического изменения параметров алгоритма во время оптимизации [7]. При построении онтологической модели алгоритмов муравьиной колонии (Таблица 1) в качестве примера рассмотрен классический алгоритм BasicACO [8].

Таблица 1. Онтологическая модель алгоритмов муравьиных колоний

Наименование	Содержание
1	2
Онтологическая модель алгоритмов муравьиных колоний	Алгоритмы муравьиных колоний:
	– Алгоритм AntSrank
	– Модификация MMAS
	– Алгоритм EAS
	– Алгоритм Ant-Q
	– Алгоритм ACS
	– Классический алгоритм BasicACO
	Создается популяция агентов (Population_size), которая распределяется по всем узлам графа.
	Произвольное разделение агентов (random_permutation) между узлами позволяет иметь одинаковые шансы стать отправной точкой. Каждый муравей будет в случайном узле графа и на каждую грань наносится ненулевое количество феромона (initialise_pheromone).
	Вычисление фитнесс-функций. Фитнесс-функция (fitness_function) позволяет оценить степень приспособленности конкретных особей в популяции и выбрать их (ConstructSolution). Вычисление целевых функций и определение количества феромона, которое нужно нанести на грань, выполняется при первой итерации.
	Перемещение агентов (Permutation). Здесь каждый муравей выбирает узел для перехода. Определяется вес грани, который добавляется в маршрут агента.
	Выполняется испарение феромона (DelayPheromone).
	Обновляется локальное и глобальное количество феромона (local_ and global_update_pheromone).

1	2
	Проверка условия завершения (StopCondition), которая происходит в результате достижения заданного числа итераций.
	Сохранение лучшего положения (Gbest).
	Отобранный набор дескрипторов.

Онтологическая модель алгоритмов муравьиных колоний выглядит следующим образом:

$$OM_{ACO} = <OM_{AntSrank}, OM_{MMAS}, OM_{EAS}, OM_{Ant\text{-}Q}, OM_{ACS}, OM_{BasicACO}>$$

где $OM_{AntSrank}$ – онтологическая модель алгоритма AntSrank;

OM_{MMAS} – онтологическая модель модификации MMAS;

OM_{EAS} – онтологическая модель алгоритма EAS;

$OM_{Ant\text{-}Q}$ – онтологическая модель алгоритма Ant-Q;

OM_{ACS} – онтологическая модель алгоритма ACS;

$OM_{BasicACO}$ – онтологическая модель классического алгоритма.

Онтологическая модель классического алгоритма муравьиных колоний:

$$OM_{BasicPSO} = <PopulationSize, Iteration, Gbest>$$

где PopulationSizeOfAgents – размер популяции;

Iteration – максимальное число итераций;

Gbest – наилучшая позиция агента.

В качестве примера приведем, разработанную в редакторе онтологий Protégé, онтологическую модель алгоритма муравьиной колонии для выделения оптимального набора дескрипторов и дальнейшего иммунносетевого моделирования лекарств с заданными свойствами.

Графическое представление онтологической модели классического алгоритма муравьиной колонии приведено на рисунке 1.

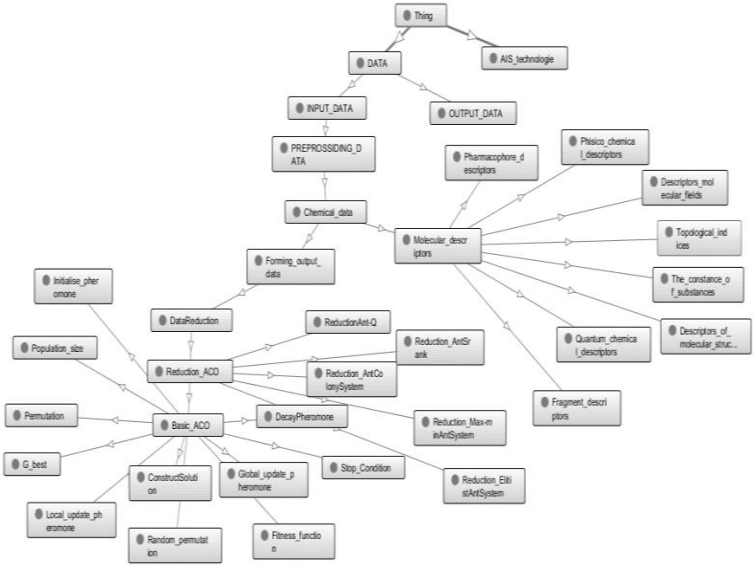

Рисунок 1. Онтологическая модель алгоритма муравьиных колоний

Разработанные онтологические модели алгоритмов роевого интеллекта являются частью интегрированной онтологической модели для компьютерного молекулярного дизайна новых лекарственных препаратов на основе подхода искусственных иммунных систем.

Выводы

Формирование полной онтологической модели алгоритмов роевого интеллекта позволяет создать основу для разработки интеллектуальной информационной системы ведения научных исследований и прогнозирования зависимости структура-свойства/активность новых лекарственных препаратов на основе иммунносетевого моделирования в соответствии с концепцией мультиалгоритмического подхода. В редакторе онтологий Protégé разработаны онтологические модели алгоритмов муравьиных и пчелиных колоний, а также алгоритмов роя частиц для выделения оптимального набора дескрипторов и дальнейшего иммунносетевого моделирования. Разработка интеллектуальной системы с использованием онтологических моделей данных алгоритмов позволяет структурировать данные и анализировать скрытые взаимосвязи между дескрипторами.

Работа выполнена по гранту КН МОН РК № ГР 0115РК00549 (2015-2017 гг.) по теме проекта: "Компьютерный молекулярный дизайн лекарственных препаратов на основе иммунносетевого моделирования".

Литература

1. Golla S., Neely B., Whitebay E., Madihally S., Robinson R., Gasem K. Virtual design of chemical penetration enhancers for transdermal drug delivery // Chem. Biol. Drug Design. – 2012. – P. 478-487.
2. Самигулина Г.А., Самигулина З.И. Интеллектуальный анализ данных и прогнозирования свойств лекарственны препаратов на основе иммунносетевого моделирования // Труды XIII Междунар. науч. конф. им. Т. А. Таран «Интеллектуальный анализ информации-2013». – Киев, 2013. – С. 34-41.
3. Samigulina G.A., Samigulina Z.I. Computational Molecular Design of Antiseptic Drags based on Immune Network Modeling // Proceedings of the 12-th International Conference on Electronics Computer and Computation "ICECCO 2015". – IEEE: Suleyman Demirel University, 2015. – P.47-51.
4. Tarakanov A., Nicosia G. Foundations of immunocomputing // Proceedings of the 1-st IEEE Symposium of Computational Intelligence. – Honolulu, 2007. – P. 503-508.
5. Samigulina G.A., Samigulina Z.I. Drag Design of sulfanilamide based on Immune Network Modeling and Ontological approach // Proc. of the 10th IEEE Int. Conf. on Application of Information and Communication Technologies AICT2016. – Baku, 2016. www.aict.info/2016.
6. Самигулина Г.А., Масимканова Ж.А. Обзор современных методов роевого интеллекта для решения задачи выделения информативных признаков при создании новых лекарственных препаратов // Проблемы информатики. – Новосибирск, 2016. – № 2. – С. 50-61.
7. Олейник Ан.А., Олейник Ал.А., Субботин С.А. Агентные технологии для отбора информативных признаков // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 2. – С. 113-125.
8. Самигулина, Г.А., Масимканова Ж.А. Выделение информативных признаков на основе муравьиных алгоритмов для иммунносетевого моделирования новых лекарственных препаратов // Труды XVIII Всесибирского семинара "Моделирование неравновесных систем (MNS-15)". – Красноярск, 2015. – С. 89-93.

УДК 004.8

Конструктивная идея семантического анализа естественно-языковых текстов и её проверка на примере сказки «РЕПКА»

Святогор Л.А., к.т.н., научный сотрудник,
Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев,
lasvtgr@gmail.com

На основании гипотезы о том, что базовыми структурами при семантической обработке художественных текстов на естественном языке могут быть конструкции: «Факт», «Событие», «Ситуация» и «Смысл», проведен эксперимент по извлечению смысла сказки «Репка». Обосновывается необходимость категории «смысл» для понимания и хранения в памяти фрагментов человеческого знания о реальном Мире.

Введение

Человек существует в реальном мире, проявленном практически бесконечным количеством реализаций. Его физический и интеллектуальный опыт накапливается в концептосфере общества в виде когнитивных структур Знания, число которых неизбежно ограничено. Ad hoc существуют конструктивные процедуры ***свёртывания, обобщения и сохранения полезной прагматической информации в виде «единиц» человеческого опыта.*** Задача когнитивистики – обнаружить и промоделировать эти процедуры.

Лингвистами и исследователями в области искусственного интеллекта предложены модели процесса преобразования «СМЫСЛ – ТЕКСТ» (***И.А.Мельчук***, 1974, 1999), гипотезы относительно иерархической системы «структур мышления», называемых «Базовыми семантико-синтаксическими структурами» (БССС) (***Ю.И.Кисленко***, 2008) [1], методы описания внешней среды при помощи «СИТУАЦИЙ» (***А.С.Звенигородский***, 2009, 2010) [2]), Однако использование этих конструкций для семантических исследований текстов естественного языка остаётся проблематичным.

В настоящем исследовании принят кибернетический подход к моделированию одной из важнейших функций человеческого интеллекта – пониманию осмысленных текстов на естественном языке (дискурсов). Соответствующие структуры, ориентированные на

компьютерное моделирование, описаны в работе [3]. Некоторые технологические процедуры, вместе с пояснениями, приведены ниже.

Прагматика: зачем нам нужен Смысл?

В когнитивистике полагается, что «***Результатом мышления является мысль (Понятие, Смысл, Идея)***» [4]. Когнитивная семиотика рассматривает языковую (речевую и текстовую) коммуникацию через взаимодействие знака с реальным внешним миром в рамках синтаксического, семантического и прагматического подходов.

Без понимания смысла сообщения мы не можем говорить о понимании явления в целом. Каковы его свойства?

♦ Смысл имеет ***потребительскую ценность***. В некоторых случаях от него может зависеть выживаемость личности в критической ситуации. Поэтому мы можем (вслед за ***И.П.Павловым***) говорить о смысле как о «*третьей сигнальной системе*» ***человека социального.*** Особо важные Смыслы накапливаются в культурной концептосфере человечества как дорогое достояние.

♦ Смысл должен поддерживать не критерий ***истинности / ложности*** высказывания, а некоторую другую сущность – реальную ***значимость*** знания о ситуации для конкретного заинтересованного лица в конкретный момент времени.

♦ «Свёртывание» бесконечной реальности в компактную смысловую форму, отображение действительности на конечное множество субъективных решений (оценок или реакций) позволяет субъекту оперативно и/или адекватно реагировать на изменения среды.

Из сказанного следует, что ***Смысл*** как когнитивная и прагматичная конструкция ***является необходимым условием для понимания дискурса.*** Поэтому исследования ведутся в принятой нами научной парадигме «***Понимание через смысл***».

Формальная Когнитивная грамматика

Таким образом, при извлечении смысла речь идёт о когнитивном ***отображении одних текстовых последовательностей на другие*** – при сокращении длины последних и при сохранении замысла автора. Можно считать, что данная задача является аналогом формальных грамматик Хомского, но имеет специфику – как по терминальным и нетерминальным символам, относящимся к естественному языку, так и по семантическим правилам, которые заложены в Базе знаний и

обеспечивают ***релевантность*** («когнитивную *эквивалентность*») подстановок.

Первичным материалом для подстановок служат слова текста, вторичным – заменяющие и обобщающие их лексические выражения, которые формируются на более высоких уровнях концептосферы. Подстановки обеспечиваются Базой знаний, где, например, помещены продукции «*Если А – то В*» или аксиоматические утверждения.

В результате подстановок мы получаем подмножество тезисов, которые в совокупности должны отображать ***смысл дискурса***.

Фреймовые структуры и Ситуация

Фрейм имеет существенное достоинство: подробно описывая некоторый фрагмент реальности, он в эксплицитной форме указывает связь между *Именем* фрейма и его *содержимым* (слотами).

Конструктивная идея заключается в том, чтобы связать слоты со *стратами знаний*. В этом случае формат представления фрейма приобретает стандартный вид, а сам *фрейм получает* ***статус когнитивной единицы***. Теперь фрейм-ситуация не только отвечает на вопросы «что», «где», «когда», но и отражает причины событий («почему»), цели субъектов (для чего»), результаты их активности и даже даёт оценку ситуации глазами стороннего наблюдателя. ***Когнитивная Ситуация*** объединяет в своей структуре как семантическую, так и прагматическую информацию «живого текста» – дискурса. Важнейшей характеристикой ситуации служит её ***Смысл***.

Более подробно Ситуация рассматривается в контексте анализа.

Когнитивный анализ сказки (фрагмент)

Ниже показан фрагмент алгоритма когнитивного анализа – первого этапа, на уровне разбора предложений. Применяются специальные метки, которые могут служить платформой для разработки метаязыка анализа. Текст – это терминальные символы, метки – нетерминальные. В квадратных скобках даны метаобозначения лингвистических переменных и процедур (**#**), указывающие на их содержательную сторону или на источники знаний. Допускаются тавтологии. Стрелки показывают вход и выход из процедуры, либо отображения. Другие пояснения и комментарии выделены при помощи значка «///». Метки управления переходом обозначены вертикальными стрелками.

Народная сказка «Репка»

Когнитивный анализ

<u>Первый этап. Анализ предложения</u>

/// **[↑↓]:** *Начало цикла перебора. Взять очередное предложение*

[Txt1] ***Посадил Дед Репку.***

/// Определить тип предложения: Факт, Дефиниция или Сообщение?

[Тип1] = [Факт]

/// Построить ядро предложения и определить его элементы

Дед **= [Sub1] → [# Номинация] [Sub1] → A:**

Посадил **= [Act1] = [Predicat1]**

Репку **= [Obj1] =** ***Репка*** **→ [# Номинация][Obj1] → Pe:**

/// Определить индекс упоминаемости актантов в тексте: первый раз

[Index][Sub1] = 1 → [Sub1] [Is] [Local]

[Index][Obj1] = 1 → [Obj1] [Is] [Local]

/// Определить Цель Субъекта по Базе знаний

[Цель] A: (*Посадил*) → [БЗн] → [Чтобы] Pe: [Is] *Выросла*

/// Найти результат действий по тексту. Результат не обозначен

/// Выявить характерные признаки актантов по графу Онтологии

[Хар.призн] A: ***Дед*** **→ [Ont] →↑**мужчина **↓[Is]** (старый, труженик, строгий)

[Хар.призн] Pe: ***Репка*** **→ [Ont] → ↑**овощ**↓ [Is]** (круглая, белая, твёрдая, небольшая)

/// Выявить синонимию

[Синоним] Pe: = ***Репка*** **=** овощ = продукт

/// Определить предметную область (ПрО) знаний, используя фрейм. Имя фрейма узнаётся по его слоту

[ПрО.1] [Predicat1] ***посадить (Репку)*** **→[# Frame] →** Сельское хозяйство (**C/X**)

/// Проверить замыкание: совпал ли Результат с Целью? Результат отсутствует

[Цель1][And][Результат1] → [#Сравнение] → [Y/No] =‖ No ‖

/// Замыкание отсутствует, Ситуация не сформирована. **[Goto] [↑↓]:**

[Txt2] ***И выросла Репка большая-пребольшая.***

/// Определить тип предложения: Факт, Дефиниция или Сообщение?

[Тип2] = [Дефиниция]

Дальнейшие операции в основном ***повторяют предыдущий анализ.*** Выделяется ***«Ядро»*** предложения; качество Репки определяется через ***синонимию*** (большая-пребольшая = огромная) и через Базу знаний – как ***аномальная***. Все атрибуты объединяются в накопителе

атрибутов – «***Характерные признаки***». Вторичное упоминание Репки в тексте придаёт лексеме тип «***глобальная***». Выявляется «***Акцент»*** авторской мысли: «Объект – ***аномальный***». Подтверждается гипотеза об отнесении сказки к Предметной области «***Сельское хозяйство***». Сравнение ***Цели*** и ***Результата*** («*посадить, чтобы выросла*» и «*выросла Репка*») указывает на их совпадение. Замыкание означает, что Ситуация сформирована. Её необходимо ***сформатировать*** **[Goto] [↓↓].**

<u>Второй этап. Контекстный анализ</u>
<u>Форматирование Ситуации</u>

[↓↓]: «СИТУАЦИЯ» [Сит] [Номер Сит]::
Номинация :: ***Сельскохозяйственная работа***
Кто? :: **А:**
Что делал? :: ***Физическая работа*** **(поведение)**
Как? :: **[БЗн]** ***Лопата*** **(инструмент)**
Объект? :: **Ре:** **(объект)**
Изменения объекта?:: [Результат]= [Act2] Ре: = ***выросла*** **(результат)**
Характеристики актантов? ::
[Хар.признаки] А: ***Дед*** **→ [БЗн] [Список атрибутов]**
[Хар.признаки] Ре: ***Репка*** **→[БЗн] [Список атрибутов]**
[Акцент] Ре: = Ре: [Is] ***аномальная***
Где? :: **[БЗн]** ***Где-то*** **(локализация по месту)**
Когда? :: **[БЗн]** ***Однажды*** **(локализация по времени)**
Почему? :: ***Физическая работа*** **→ [БЗн] →** ***по желанию Субъекта*** **А: (причина активности)**
Зачем? :: **[Чтобы] [Результат] = [Act2] Ре: =** ***выросла*** **(цель)**
Ну и что?:: [БЗн] ***Субъект*** **А:** ***совершил хороший поступок*** **(оценка).**
Процедурный Смысл ситуации ::: [БЗн] =
А: ***совершил хороший поступок в области сельского хозяйства, однако в результате продукт получился аномальным – (недоступным для использования). Как преодолеть препятствие? Автор создаёт Интригу.***

/// ***<u>Конец</u>*** *<u>форматирования (первой) Ситуации. Обработать «Интригу».</u>*

«ИНТРИГА»

[Интрига][Сит]1:: → [Взять][Акцент] → [БЗн]

[БЗн] = (Если продукт **Ре:** аномальный и огромный, то он непригоден для использования. Это – ***Препятствие.*** Необходимо решить: ***что делать?***) /// Субъект рефлексирует.

[Препятствие] = Pe: [Is] ***аномальная*** **→ [БЗн] [Рефлексия]**
[Рефлексия] A: = ***Что делать*****? → [БЗн]**
[БЗн] → ***Принять Решение***
[Решение] A: → [БЗн]
[БЗн] → [#Инструменты]: 1) ***Отступить,*** **2)** ***Позвать на помощь,*** **3)** ***Разделить объект на части,*** **4)** ***Взять трактор.***
///. *Взять следующее предложение. Проверить выбор инструмента*

[Txt3] ***Позвал Дед на помощь Бабку.***
///. *Субъект выбрал второй вариант и получает оценку «хорошо»*

Далее продолжается последовательный анализ предложений и формируются ситуации. Действие сказки развивается в направлении раскрытия замысла автора, а когнитивный анализ – в направлении сути дискурса – его Смысла. Задача когнитивного анализа – преобразовать синтаксические и стилистические «авторские» приёмы рассказа в когнитивные элементы. Это производится при помощи синонимов, пропозиций и продукций Базы знаний, а также за счёт выбора фреймов и микрофреймов, которые аккумулированы в Базе знаний.

Во-первых, активизируется фрейм «***Коллектив***». Он последовательно присоединяет к себе действующих лиц – **A:, B:, C:, D:** … Коллектив сохраняет одну общую ***Цель*** и заменяет собой главного действующего Субъекта – «Дед». Коллектив имеет «***Ресурс***», который можно описать микрофреймом со слотом «***Сила***», причём этот ресурс накапливается по мере увеличения коллектива. Существенно, что ресурс можно сравнивать с некоторым «***Порогом***», при достижении которого происходит событие «***Катастрофа***».

При дальнейшем анализе выясняется, что члены коллектива организованы в виде иерархической «***Цепочки***», причём ресурсы актантов цепочки монотонно убывают. Самый слабый Субъект – Мышка. «***Иерархия***» ресурса «***Сила***» отражена в Базе знаний в списке характеристик субъектов.

Далее, монотонное наращивание коллектива приводит к монотонному увеличению ресурса «***Сила***». Данный смысл передаётся тем, что определённая ситуация повторяется несколько раз, меняются лишь приходящие на помощь субъекты. Этот феномен улавливается при помощи фрейма «***Дежавю***» и отображается в «Смысле» как «***Настойчивые попытки преодолеть сопротивление объекта***».

Когда ресурс коллектива увеличивается незначительно, а надежда на успех становится всё менее реальной, дело спасает самый

слабый член коллектива – Мышка. Репка вытянута из земли. ***Интрига*** сказки – «***Как преодолеть препятствие?***» раскрыта.

Акцент действий в сказке переносится на Мышку. Важно при этом, что она вызвала «катастрофу» не сама по себе, а как самый «ничтожный» член коллектива, которым, однако, нельзя пренебречь. Этот Смысл поддерживается фреймом «***Решающий фактор*».**

По этой методике, с использованием фреймов и специальных когнитивных процедур (правил подстановки), текст раскладывается на множество Ситуаций и для каждой определяется Смысл. На последнем этапе анализа Смыслы собираются, упорядочиваются и обобщаются. В итоге получается т. наз. «Процедурный Смысл» – в виде нескольких тезисов на естественном языке. Одновременно при помощи Базы знаний мы отыскиваем «***Концептосферные смыслы***», которые имеют для потребителя наибольшую прагматическую ценность, поскольку закреплены в культурном опыте человечества:

Мал – да удал. Мал золотник – да дорог. Терпение и Труд – всё перетрут. Надежда умирает последней. Дети, давайте жить дружно! Разом і батька легше бити. *(укр.)*

Заключение

Формализация категорий ФАКТ, СОБЫТИЕ, СИТУАЦИЯ, СМЫСЛ и других когнитивных единиц позволяет проводить смысловой компьютерный анализ текста ЕЯ, добиваясь его понимания. Это открывает принципиально новые, подлинно интеллектуальные и непредсказуемые возможности в прогрессе человеко-машинного разума и коммуникаций.

Литература

1. *Кисленко Ю.* От мысли к знанию (нейрофизиологические основания): Монография. – Киев, «Український літопис» – 2008. – 101 с.
2. *Звенигородский А.С.* Кибернетические основы процесса понимания смысла текста // Искусственный интеллект – 2010 – № 4.
3. *Святогор Л.А.* Формализация категорий для семантического и прагматического анализа естественно-языковых текстов. // Международная научная конференция им. Т.А. Таран (ИАИ-2015): сб. тр. – К.: Просвіта, 2015. – с. 203 – 210.
4. *Википедия*. Мышление.

УДК 316.023.6

Reciprocally time correlating objects ranking

Snarskii A.A.[1,2], Dr. of Sciences, Lande D.V.[1,2], Dr. of Sciences,
Zorinets D.I.[1], Levchenko A.V.[3],
[1]NTUU "I. Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kiev, Ukraine,
[2]Institute for Information Recording NASU, Kiev, Ukraine,
[3]ROSEN Europe B.V., Kiev, Ukraine,
asnarskii@gmail.com

In the article a new ranking method of correlating in time objects which allows to appreciate the most "influential" and the most "subjected to influence" objects at the given time interval is represented. As an example of the method application a group of leading world politicians (further-personalities) is considered.

Introduction

Ranking is one of the most wide-spread methods of arranging of everyday objects around us, both physical and informative. In the case when to each object of object totality some numerical value may be attributed, formally the task of ranging becomes trivial. Objects may be ranged according to the quantity of this value. The difficulty, however, is first it is not always clear how to determine the numerical value which may be attributed to the object. Secondly there may be many such numerical values and the criterion according to which this or that series of numerical values must be chosen is not always clear. The most complicated part of the ranging problem is the choice of the criterion according to which the numerical value is attributed to the object (formalization of objects).

The method consists of two separate stages. At the first stage for each personality the number of his citations in some pool of printed publications every day is defined according to InfoStream System.

Number series reciprocal temporal correlators

Each value of these time series is standardized by the whole number of citations of all personalities in that day. Standardized series of citations for two personalities (Trump and Clinton) for terminal interval from 01.01 to 20.09 2016 is given in Fig. 1.

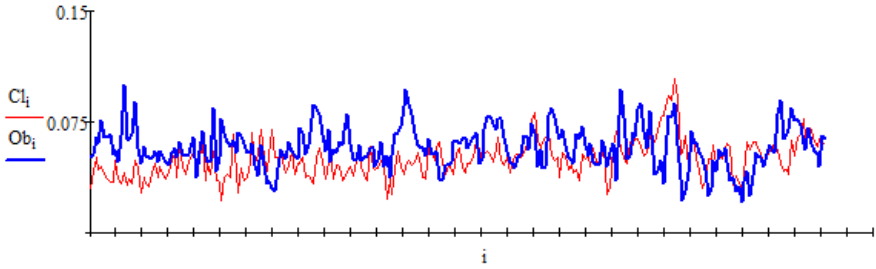

Fig. 1. Standardized series of citations for two personalities – Trump and Clinton for terminal interval from 01.01 to 20.09 2016

To get standardized number series reciprocal temporal correlators are calculated which give an average value for a large number of obtained values for joint distribution of two processes (personalities)

$$Cl_Ob_k = \frac{\sum_i \left(Cl_i - \langle Cl \rangle\right)\left(Ob_{i+k} - \langle Ob \rangle\right)}{\sqrt{\sum_i \left(Cl_i - \langle Cl \rangle\right)^2}\sqrt{\sum_i \left(Ob_{i+k} - \langle Ob \rangle\right)^2}}, \qquad \langle X \rangle = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i \ ,$$

where – Cl and Ob – means Clinton and Obama accordingly.

Depending on the shift of temporal interval-k while calculating the correlators, obtained correlator are connected with the probability of the appearance of the citation of one personality with the fact whether the another personality has been cited before.

The cognitive net Correlators obtained for all personalities are introduced as a set of directed graphs (cognitive nets). Every cognitive net represents the set of nodes (personalities), connected by directed relations the weight of which corresponds to the numerical value of the correlator for the given temporal shift-k.

To each net corresponds its own temporal shift (lateness), calculating the correlators-a day, two days and so on. Thus, we get the whole directed graph. The relation directed from one personality to another determines the direct influence (positive or negative, depending on the sign of the numerical value of the correlator) in Fig. 2 a part of cognitive net is represented.

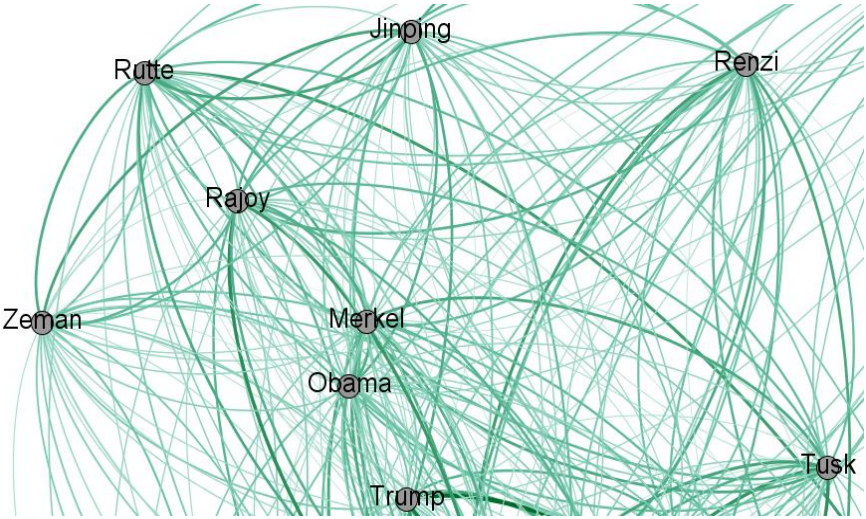

Fig. 2. A part of cognitive net

At the second stage for the determination of the full influence of one personality on another not only direct influence (relation between personalities) is taken into account but also the indirect one through the chain. For this the obtained complicated net is represented as a cognitive map. This cognitive map may be investigated by different methods, for example, so-called impulse-method, fuzzy-method [1,2]. We used K–method [3].

K–method

Algorithm of K – method consists of two stages.

Stage 1.For each directed pair of concepts $\alpha \to \beta$ we select subgraph $G(\alpha \to \beta)$ which consists of all possible ways (with the consideration of relation direction) from concept α to concept β. Thus, to each directed pair of concepts $\alpha \to \beta$ corresponds its own subgraph selected from complete cognitive map graph – $\mathbf{W}$, let us mark the adjacency matrix of this subgraph and subgraph itself $\mathbf{G}(\alpha \to \beta)$.

Stage 2.The stage of calculation of the directed influence of concepts on each other. Stage 2 consists of a number of steps. In the first step subgraph $G(\alpha \to \beta)$ symmetrizes and so symmetrized graph is marked as $B(\alpha \to \beta)$. All its relations become non-directed. So, for example, if in $\mathbf{G}(\alpha \to \beta)$ elements $\mathbf{G}_{km} \neq 0$, a $\mathbf{G}_{mk} = 0$, thus in symmetrized $\mathbf{B}(\alpha \to \beta)$ both elements

are not equal to zero $\mathbf{B}_{km} \neq 0$,and $\mathbf{B}_{mk} = 0$ and $\mathbf{B}_{km} = \mathbf{B}_{mk} = \mathbf{G}_{km}$.

Adjacency matrix $\mathbf{B}(\alpha \to \beta)$ determines non-directed weight graph which further will be represented as net in which current of some preserved quantity, for example, electrical flows. With this analogy weights on relations are interpreted as electromotive force (emf), relations as resistances and quantities on concepts v_i – as electrical potentials – φ_i.

At the second step calculation φ_i for all concepts is done according to Kirchhoff rules. Since potentials are calculated with the accuracy to arbitrary constant, only their difference has got sense. For definiteness it is easy to set it on one of the concepts equal to zero. For subgraph $B(\alpha \to \beta)$ potential will be counted off from concepts α, that is $\varphi_\alpha = 0$ will be accepted.

Equation for the calculation of potentials for all the rest nodes of net $B(\alpha \to \beta)$, according to Kirchhoff rules has the form

$$\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)\mathbf{Y}\mathbf{\Omega}^T(\alpha \to \beta)\boldsymbol{\varphi}(\alpha \to \beta) = -\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)\mathbf{YE}.$$

Here $\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)$ – incident matrix for subgraph $B(\alpha \to \beta)$. This matrix is composed in the following way. Number is conferred to each relation and concept. The number of matrix row $\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)$ corresponds to the number of relation, and the number of column – the number of concept. Element (i, j) matrix $\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)$ - ω_{ij} equals $+1$, if the relation with number i goes out from concept j and -1 – if comes into it. If relation i is not connected with concept j, then $\omega_{ij} = 0$.In addition, since it is accepted $\varphi_\alpha = 0$, α the column of matrix $\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)$ is deleted. Matrix $\mathbf{Y}$ – square matrix of resistances of dimension $M \times M$, where M – the number of relations, moreover, each element of the given matrix - y_{ij} is defined as $y_{ij} = R_i \delta_{ij}$. Where R_i – resistance of that relation and, δ_{ij} – Kroneker symbol.

In this paper all relations are accepted with resistances equal one and so $\mathbf{Y} \equiv \mathbf{1}$. In this case $\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)\mathbf{Y}\mathbf{\Omega}^T(\alpha \to \beta) = \mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)\mathbf{\Omega}^T(\alpha \to \beta)$, and (6) gets the following form

$$\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)\mathbf{\Omega}^T(\alpha \to \beta)\boldsymbol{\varphi}(\alpha \to \beta) = -\mathbf{\Omega}(\alpha \to \beta)\mathbf{E}.$$

Vector $\mathbf{E}$ -vector column consisting of M elements, where M – the number of relations and its element e_i is defined as $e_i = \varepsilon_i$, where e_i– emf on the relation with number i.

Selecting from initial cognitive map subgraph $G(\alpha \to \beta)$ and corresponding to it subgraph $B(\alpha \to \beta)$ we just take into consideration that we are studying the influence of initial concept α on concept β, and that with the given (electrical) analogy means the difference of values $\boldsymbol{\varphi}_\beta(\alpha \to \beta)$ –

$\boldsymbol{\varphi}_\alpha(\alpha \to u\beta)$ and since accepted that $\boldsymbol{\varphi}_\alpha(\alpha \to \beta) = 0$, value $\boldsymbol{\varphi}_\beta(\alpha \to \beta)$. That is from the whole vector $\boldsymbol{\varphi}(\alpha \to \beta)$,which is set by solving equation

$$\boldsymbol{\varphi}(\alpha \to \beta) = -[\boldsymbol{\Omega}(\alpha \to \beta)\mathbf{Y}\boldsymbol{\Omega}^T(\alpha \to \beta)]^{-1}\boldsymbol{\Omega}(\alpha \to \beta)\mathbf{YE},$$

For further analysis only one component $\boldsymbol{\varphi}_\beta(\alpha \to \beta)$ is left.

With the same fixed α, giving different values β (and after all calculations) we find a new vector $\boldsymbol{\Phi}_\beta(\alpha \to \beta)$, $\beta = 1,2,\dots,N$, $\beta \neq \alpha$. It is necessary to note that if the components of vector $\boldsymbol{\varphi}(\alpha \to \beta)$ are related to the same graph set by matrix $\mathbf{B}(\alpha \to \beta)$ $\left(\boldsymbol{\varphi}_1(\alpha \to \beta), \boldsymbol{\varphi}_2(\alpha \to \beta), \dots, \boldsymbol{\varphi}_N(\alpha \to \beta)\right)$, then each component of vector $\boldsymbol{\Phi}(\alpha \to \beta)$ is related to its graph $\Phi(\alpha \to \beta)$ $\left(\boldsymbol{\Phi}_1(\alpha \to \beta), \boldsymbol{\Phi}_2(\alpha \to \beta), \dots, \boldsymbol{\Phi}_N(\alpha \to \beta)\right)$.

The set of all components of all vectors $\boldsymbol{\Phi}(\alpha \to \beta)$ may be written down in the form of matrix, we may call it K– matrix. To calculate element $K_{\alpha\beta}$ of matrix **K,** we choose two concepts $\alpha \to \beta$ in cognitive map, select subgraph $G(\alpha \to \beta)$ of all possible relations out of concepts α in concept β, graph $G(\alpha \to \beta)$, transform in graph $B(\alpha \to \beta)$, attribute zero potential to concept α and according to (10) calculate the potential of concept β, the value of which is element $K_{\alpha\beta}$.That is, to each element of matrix **K** subgraph of cognitive map corresponds.

Conclusions

Besides that “pair interaction” on the base of **K**–matrix we may introduce and calculate so-called “collective interaction”. Here we will introduce two characteristics which we will call pressure – $\boldsymbol{\psi}$ and consequence – $\boldsymbol{\nu}$. It is necessary to note that the arrows on the relations in diagrams, fig. 3 do not mean relations in cognitive map but they mean the existence of corresponding matrix **K** component.

Components of vectors $\boldsymbol{\psi}$ and $\boldsymbol{\nu}$ are connected with **K**–matrix components in the following way

$$\psi_\beta = \sum_\alpha K_{\alpha\beta}, \qquad \nu_\alpha = \sum_\beta K_{\alpha\beta}.$$

Table 1 shows the ranked number of personalities obtained by the proposed method.

Table 1. **Ranked number of personalities by pressure (column on the left) and consequence (column on the right)**

Pressure		Consequence	
Merkel	122.9821	Jinping	99.22736
Hollande	124.1665	Putin	112.7377
Clinton	136.3812	Tusk	123.55
Rajoy	138.1214	Merkel	124.2253
Trump	145.4418	Obama	152.8589
Jinping	148.9195	Rajoy	153.6557
Tusk	149.5888	Clinton	161.0385
Putin	155.5832	Renzi	182.8078
Renzi	184.4093	Hollande	201.8023
Obama	220.7206	Trump	214.4107

Bibliography

1. Roberts F. Weighted digraph models for energy use and air pollution in transporations systems. – Rand, Santa Monica, 1974.
2. Kosko B. Fuzzy cognitive maps // International Journal of Man-Machine Studies, January 1986. – pp. 65-75
3. Snarskii A.A., Zorinets D.I., Lande D.V., Levchenko A.V. K-method of cognitive map analysis // E-preprint ArXiv:1605.08243

УДК 004.9

Принципы построения систем информационной поддержки принятия решений на авиатранспортных предприятиях

Темников В.А., к.т.н.,доц., Национальный авиационный университет,
Темникова Е.Л., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»,
temnikov_ v@ukr.net

В статье изложены принципы построения систем информационной поддержки принятия оперативных решений в процессе управления безопасностью информационных активов транспортных авиационных предприятий.

Введение

В настоящее время в авиационной отрасли все большее внимание уделяется созданию информационных систем, предназначенных для оперативного выявления нарушений в работе автоматизированных систем авиационных предприятий. Особую актуальность приобретает создание систем, задачей которых является обеспечение безопасности информационных активов транспортных авиационных предприятий (в первую очередь – аэропортов) – информации, содержащейся в базах персональных данных пассажиров, информации, циркулирующей в виде информационных потоков автоматизированных систем аэропортов, информационных активов диспетчерских центров управления воздушным движением (УВД). Это обусловлено тем, что разглашение персональных данных пассажиров, ошибки диспетчеров УВД (авиадиспетчеров), сбои в работе систем, обеспечивающих перемещение грузов и багажа пассажиров, другие подобные нарушения могут привести к человеческим жертвам, материальным потерям, проблемам в жизни многих людей.

Основными угрозами для информационных активов аэропортов являются:

- сбои в работе (отказы) оборудования и линий связи вычислительных систем;

- непреднамеренные ошибки диспетчеров (в том числе, авиадиспетчеров) и операторов, часто обусловленные их нахождением в ненадлежащем психофизиологическом состоянии (ПФС), под которым понимается эмоциональное состояние (ЭмС), состояния утомления, сонливости и тревоги;

- преднамеренные несанкционированные действия злоумышленников, которые могут проявляться в несанкционированном физическом доступе на объекты информационной деятельности, снятии информации с использованием технических каналов утечки информации;

- внешние воздействия искусственного и естественного происхождения.

Особое внимание в процессе обеспечения и управления безопасностью информационных активов должно уделяться двум аспектам:

1. Предотвращению нарушений, связанных с человеческим фактором – ведь именно человеческий фактор является одной из основных причин аварий и аварийных ситуаций на авиационном транспорте.

2. Предоставлению лицам, принимающим решения (ЛПР), оперативной информации, помогающей быстрее и более обоснованно принимать решения по предотвращению преднамеренных несанкционированных и непреднамеренных (ошибочных) действий, могущих привести к внештатным ситуациям.

В настоящей статье приведены основные принципы и информационные технологии (ИТ), положенные в основу построения разрабатываемой авторами системы информационной поддержки принятия решений ЛПР (СИППР) в диспетчерских службах аэропортов как одной из важнейших составляющих систем управления безопасностью информационных активов аэропортов. Одной из основных функций разрабатываемой СИППР является контроль ПФС авиадиспетчеров, начиная с прохождения предсменного и заканчивая прохождением послесменного контроля, с целью предотвращения возможных ошибок авиадиспетчеров на более ранних стадиях путем выявления неблагоприятной тенденции изменения ПФС, определения момента перехода в состояния утомления, сонливости или тревоги. Особое внимание при разработке системы уделяется повышению

быстродействия и достоверности работы системы при проведении внутрисменного мониторинга ПФС авиадиспетчеров.

Структура системы информационной поддержки принятия решений

Ниже кратко описаны основные структурные элементы системы контроля ПФС авиадиспетчеров в течение рабочей смены, являющейся одной из основных составляющих СИППР в диспетчерских службах аэропортов.

1. Система предсменного медицинского и психофизиологического контроля авиадиспетчеров

Кроме зафиксированного в нормативных документах контроля медицинских показателей авиадиспетчеров, авторы предлагают проводить также их психофизиологический (ПФ) контроль на основе определения состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) авиадиспетчеров.

Состояние ССС человека является интегральным показателем состояния регуляторных систем его организма, свидетельствующим, среди прочего, о нахождении человека в состоянии утомления, сонливости или тревоги. Заметим при этом, что состояния утомления, сонливости и тревоги, в отличие от ЭмС, не поддаются контролю со стороны человека и не могут изменяться по его желанию. Состояние ССС человека может быть определено с применением электрокардиографов (стационарных и портативных) по параметрам электрокардиограммы (в частности, вариабельности сердечного ритма, определяемой по значениям кардиоинтервалов на основе работ Баевского Р.М., Кальниша В.В. и других ученых [1]).

На основе результатов ПФ предсменного контроля авиадиспетчеров с учетом его ПФ ресурса (данные о ПФ ресурсе каждого авиадиспетчера должны содержаться в базе данных) осуществляется прогнозирование изменений ПФС диспетчера в течение рабочей смены.

2. Система внутрисменного контроля ПФС авиадиспетчеров

Перманентный контроль (мониторинг) ПФС авиадиспетчера в процессе выполнения им функциональных обязанностей предлагается осуществлять по голосу [2]. Использование голоса в качестве анализируемого образа дает возможность осуществлять контроль диспетчера бесконтактно, дистанционно, не отвлекая его от работы.

Основными требованиями к системе внутрисменного контроля ПФС по голосу являются обеспечение работы системы в режиме реального времени (то есть повышенные требования предъявляются к быстродействию системы) и проведение контроля по непрерывной слитной речи диспетчера.

Разработка системы проводится с учетом особенностей ее практического применения: небольшие расстояния от источников звука до системы, относительно малые значения шумов в анализируемых речевых сигналах, малые количества контролируемых лиц, наличие специфических требований к авиадиспетчерам (относительно применения определенной нормативно установленной фразеологии, размеренности речи и др.).

Для коррекции прогноза изменения ПФС в течение рабочей смены, сделанного по результатам предсменного ПФ контроля, и уточнения значений ПФ ресурса авиадиспетчера авторы предлагают проводить дополнительный контроль ПФС авиадиспетчера в перерывах в его работе по состоянию ССС с применением портативных электрокардиографов.

3. Система послесменного ПФ контроля авиадиспетчеров

Работа системы аналогична работе системы предсменного ПФ контроля.

По результатам сравнения показателей послесменного и предсменного ПФ контроля осуществляется коррекция значений ПФ ресурса в соответствующей базе данных.

Построение голосовых систем информационной поддержки принятия решений

Необходимость использования нормативно установленной фразеологии позволяет свести мониторинг ПФС по непрерывной речи к мониторингу ПФС по отдельным речевым фрагментам (командам).

Проведение мониторинга по параметрам, характеризующим конкретные речевые фрагменты, является целесообразным еще и потому, что, как показали проведенные исследования, значения основных параметров речевого сигнала (в частности, частоты основного тона (ЧОТ)) для одних и тех же фонем (аллофонов) в различных речевых фрагментах могут существенно различаться.

В качестве речевых фрагментов, по которым проводится мониторинг ПФС, используются словосочетания, слова (фрагменты

слов), часто применяемые авиадиспетчерами в процессе работы и входящие в состав профессиональной фразеологии, установленной нормативными документами.

Разрабатываемая авторами система мониторинга ПФС авиадиспетчеров по их непрерывной слитной речи включает в себя следующие подсистемы: сканирования и дискретизации речевого сигнала; предварительной обработки сигнала, заключающейся в шумоподавлении; сегментации непрерывной речи на речевые фрагменты; поиска в непрерывной речи и выделения ключевых речевых фрагментов (модели которых заранее включены в соответствующую базу данных - словарь), мониторинга ПФС авиадиспетчеров по ключевым речевым фрагментам, проводимого на основе их пофонемного анализа.

Основными этапами мониторинга ПФС по ключевым речевым фрагментам являются следующие: сегментация ключевого слова на фонемы, распознавание гласных фонем, параметризация гласных фонем, классификация речевых сигналов и принятие решения о ПФС диспетчера. При этом классификацию состояний авиадиспетчера предлагается проводить на основе сравнительного анализа контрольных и эталонных информативных параметров, характеризующих отдельные (в первую очередь, гласные) фонемы, входящие в состав ключевых речевых фрагментов.

В процессе проведения мониторинга ПФС осуществляется проверка, находятся ли значения ЧОТ в «коридоре», соответствующем состоянию авиадиспетчера «норма» (спокойное состояние) – выход значений ЧОТ за пределы установленного «коридора» свидетельствует о том, что авиадиспетчер находится в ненадлежащем ПФС.

Авторами разработаны методы повышения достоверности работы и быстродействия голосовых систем мониторинга ПФС.

Применение информационных технологий для построения систем информационной поддержки принятия решений

СИППР разрабатывается авторами как интеллектуальная информационная система, построенная на основе комплексного применения современных ИТ.

В связи с присущими данной проблемной области неполнотой исходной информации, неопределенностью свойств физической среды, при построении СИППР авторами используются искусственные

нейронные сети (ИНС) [3], методы вычислительного интеллекта, нечеткой логики, а также вейвлеты для разделения непрерывной речи на речевые фрагменты и подавления шумов в исходном речевом сигнале [4].

Как система внутрисменного мониторинга ПФС в целом, так и подсистема выделения ключевых речевых фрагментов из непрерывной слитной речи авиадиспетчера, создаются с применением методов теории распознавания образов [5].

При этом, модуль классификации подсистемы выделения ключевых речевых фрагментов из непрерывной слитной речи авиадиспетчера авторы предлагают строить на базе дикторонезависимой ИНС, обученной на распознавание ключевых речевых фрагментов.

Применение ИНС позволяет существенно повысить точность работы подсистемы. Однако, возможность применения ИНС в качестве основы для построения ее модуля классификации ограничивается количеством параметров сигналов, поступающих на ее входы. В наших разработках параметризация указанной подсистемы осуществляется на основе метода кратковременного анализа [6]. В случае непосредственного использования в качестве информативных параметров кепстральных коэффициентов, рассчитываемых на каждом фрейме, на которые делится ключевой речевой фрагмент, их количество, а, значит, и количество входных параметров (нейронов) ИНС, достигала бы значительных величин.

Для обеспечения возможности построения модулей классификации подсистем выделения ключевых речевых фрагментов на основе ИНС было необходимо существенно уменьшить количество информативных параметров речевых сигналов, подаваемых на вход ИНС. Это было достигнуто в процессе разработки новой системы информативных параметров, применение которой позволило существенно (более чем на порядок) уменьшить количество входных параметров (нейронов) ИНС без сколько-нибудь существенного уменьшения достоверности работы.

Выводы

1. Разработаны принципы построения систем информационной поддержки принятия оперативных решений для обоснованного определения ПФС на ранних стадиях его изменения с учетом психофизиологического ресурса авиадиспетчеров, реализация которых позволяет контролировать ПФС в течение всей рабочей смены и таким

образом снизить влияние человеческого фактора на эффективность работы и безопасность информационных активов авиатранспортных предприятий.

2. Разработаны принципы построения СИППР для обеспечения принятия обоснованных решений руководителями и операторами авиатранспортных предприятий (в первую очередь – аэропортов). СИППР разрабатывается как интеллектуальная информационная система, что дает возможность планировать оперативные управленческие действия в условиях неполноты и неопределенности информации, циркулирующей и хранящейся в базах данных аэропортов.

3. Наличие неполноты и неопределенности информации, случайный характер воздействия внутренних и внешних факторов при функционировании СИППР в реальных условиях эксплуатации обусловили применение при разработке системы ИНС, методов вычислительного интеллекта и теории распознавания образов.

Литература

1. *Баевский Р.М.* Анализ вариабельности сердечного ритма: история и философия, теория и практика / Р.М. Баевский // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – №1. – С.54-64.
2. *Темников В.А.* Параметризация автоматического контроля доступа операторов к ресурсам информационных систем по голосу / В.А. Темников, Е.Л. Темникова // Вестник Восточноукраинского национального университета им.В.Даля. – №9 (151). – Ч.1. – 2010. – С.143-148.
3. *Хайкин С.* Нейронные сети / С. Хайкин // 2-е изд. Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
4. *Темников В.А.* Методика проведения шумоочистки речевого сигнала в процессе распознавания / В.А. Темников, Л.В. Пономаренко // Вестник Восточноукраинского национального университета им. В.Даля. – №5 (111). – Ч.1. – 2007. – С.123-127.
5. *Рамишвили Г.С.* Автоматическое опознавание говорящего по голосу / Г.С. Рамишвили // М.: Радио и связь, 1981. – 224 с.
6. *Рабинер Л.* Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд // М: Мир, 1978. – 848 с.

УДК 004.934

Навчання нейронної мережі в задачі розстановки розділових знаків в тексті

Темнікова О.Л., Великанов М.С.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, temnikova_elena@ukr.net

Авторами пропонується підхід до автоматичної розстановки розділових знаків в розпізнаному тексті, що використовує апарат теорії нейронних мереж і є універсальним для будь-якої мови.

Вступ

Однією з задач систем розпізнавання неперервного мовлення та перетворення його в текстові дані є автоматична розстановка розділових знаків у розпізнаному тексті [1].

Існують різні шляхи вирішення цієї проблеми [2, 3]. У деяких сучасних системах користувач сам може явно вказати, де і які розділові знаки мають стояти. Наприклад, диктор каже: «Олівець кома підручник кома зошит», а системи інтерпретують слово «кома» як розділовий знак, і на виході буде надруковано «олівець, підручник, зошит». Але в загальному випадку у фразах можуть бути присутні слова, що за контекстом позначають розділові знаки («Крапка в цьому питанні вже поставлена»). У такому випадку системи, що розставляють розділові знаки за голосовою вказівкою диктора, не підходять для застосування.

Існують підходи, що орієнтовані на розстановку розділових знаків на основі правил певної мови, але правила сформульовані в подібних системах таким чином, що розділовий знак ставиться лише при однозначному трактуванні правила пунктуації та відсутності винятків з правил. Тобто навіть при переліку однорідних членів речення існує ймовірність, що жодна кома не буде виставлена [2, 3].

Можна виділити ще один недолік подібних систем. Він полягає у необхідності написання бази правил для кожної мови, що є дуже трудомісткою роботою [4].

Авторами пропонується підхід, що використовує апарат теорії нейронних мереж і є універсальним для кожної мови. Підхід може бути застосований як для інтеграції у системи розпізнавання мовлення, так і для використання як самодостатнього програмного продукту.

Структура нейронної мережі для розстановки розділових знаків

Нижче описано розроблений підхід до вирішення проблеми розстановки розділових знаків в розпізнаному тексті, оснований на використанні нейронних мереж [5]. На вхід нейронної мережі подається речення (рядок тексту) без розділових знаків, а на виході отримаємо рядок тексту з розділовими знаками. Структура нейронних мереж залежить від кількості слів у реченні.

Експериментальним шляхом авторами з'ясовано, що при розмові на побутові теми середня кількість слів у реченні варіюється від 10 до 15 слів, а при розмові на більш складні теми (наукові, культурні тощо) – від 25 до 40.

Розглянемо процедуру побудови нейронної мережі для речення, що містить до 15 слів (обрана англійська мова, як більш структурована). На першому шарі нейронної мережі (вхідний шар) встановлюється 15 нейронів. Далі створюються 15 шарів нейронної мережі, на кожному з яких по 30 нейронів (подвоєна кількість нейронів вхідного шара).

Подвоєння кількості нейронів викликана тим, що існує ймовірність того, що після кожного слова в реченні стоятиме той чи інший розділовий знак. А кількість шарів у мережі (не враховуючи вхідного) дорівнює кількості вхідних нейронів, тому що кожне слово має вплив на всі інші слова у реченні, і цей факт впливає на розстановку розділових знаків.

На вхід системи, що працює за розробленим алгоритмом, подається речення (рядок тексту), кількість слів якого не перевищує 15. Речення розбивається на масив слів. Кожному слову співставляється частина мови (в англійській мові таких частин дванадцять), для яких визначено число від 0 до 1: при довільному виборі частин мови присвоєння починається із значення 0.06 і з кроком 0.08 закінчується значенням 0.94. Тобто рядок тексту перетворюється в масив чисел, що подається на вхід нейронної мережі.

Оскільки на вхід нейронної мережі має бути подано 15 елементів (кількість входів нейронної мережі, що відповідає кількості слів в простих реченнях), то, за умови відсутності достатньої кількості слів, порожні елементи заповнюються нульовими значеннями (повна відсутність будь-якого впливу).

На виході даної мережі отримуємо масив чисел подвоєного розміру, де кожен непарний елемент є значенням з масиву вхідних даних, а кожен парний елемент – значенням, що відповідає певним розділовим знакам.

Навчання нейронної мережі

Для навчання нейронної мережі використовуються готові тексти з наукових видань, навчальних підручників та інших літературних джерел, у

яких розділові знаки заздалегідь розставлені коректно відповідно до правил обраної мови.

Тексти, що слугують навчальною вибіркою, проходять обробку: весь текст розбивається на рядки-речення; кожне речення розбивається на пари – слова та розділові знаки (пробіл теж вважається розділовим знаком); кожний непарний за рахунком елемент (а це буде саме слово, розділові знаки за побудовою є парними елементами) копіюється у новий масив. В результаті отримуємо два масиви: перший являє собою речення з розділовими знаками, другий – ті самі речення без розділових знаків. В процесі навчання нейронної мережі для зменшення похибки використовується метод градієнтного спуску.

Отримані у процесі навчання та мінімізації похибки вагові коефіцієнти використовуються у подальшому розставленні розділових знаків у розпізнаному мовленні (текстах).

Нижче продемонстровано результат роботи реалізованого підходу розстановки розділових знаків у тексті:

```
Your input: will you give me a fork please
Your output: Will you give me a fork, please?
Will you continue (y/n)? y
Your input: do you speak english
Your output: Do you speak English?
Will you continue (y/n)? y
Your input: give me the bill please
Your output: Give me the bill, please!
Will you continue (y/n)? y
Your input: goodbye
Your output: Goodbye.
Will you continue (y/n)? y
Your input: yes i will meet you tomorrow
Your output: Yes, I will meet you tomorrow.
Will you continue (y/n)? y
Your input: can you help me
Your output: Can you help me?
Will you continue (y/n)? y
Your input: help me
Your output: Help me!
Will you continue (y/n)? n
Bye
```

Для протестованих речень англійською мовою на побутову тематику довжиною до 15 слів з розміром словника для навчальної вибірки в 3000 речень відсоток правильного розпізнавання складає приблизно 76%.

Для підвищення стійкості методу необхідно збільшити розмір словника. Також це надасть можливість розставляти розділові знаки в реченнях при різних порядках слів, що важливо для таких мов, які не змінюють тип речення при наявних інверсіях (наприклад, російська чи українська мови).

Висновки

Розроблено підхід до вирішення проблеми автоматичної розстановки розділових знаків в розпізнаному тексті з використанням нейронних мереж. Також експериментальним шляхом було з'ясовано середню кількість слів у реченні, що притаманні розмовам за різною тематикою. Ці показники було закладено в параметри нейронної мережі при побудові системи автоматичної розстановки розділових знаків. Створено програмне забезпечення, що реалізує даний підхід.

Модуль програмного продукту пройшов тестування на англійських текстах та показав 76% надійності, що свідчить про правильність роботи розробленого алгоритму.

Література

1. Винцюк Т.К. Анализ, распознавание и интерпретация речевых сигналов / Т.К. Винцюк // Наукова Думка. – 1987. – 261 с.
2. Matusov E. Automatic Sentence Segmentation and Punctuation Prediction for Spoken Language Translation / Evgeny Matusov, Arne Mauser, Hermann Ney // In International Workshop on Spoken Language Translation (IWSLT). – Kyoto, Japan. – 2006. – P.158-165.
3. Kolar J. Development and Evaluation of Automatic Punctuation for French and English Speech-to- Text/ Jachym Kolar, Lori Lamel // In Proceedings of the 13th Interspeech Conference. – Portland, OR. – 2012. – P. 38-42.
4. Обзор систем распознавания речи // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XLIII студ. междунар. заочной науч. - практ. конф. — М. : «МЦНО». — 2017 —№ 3(43) / [Електронний ресурс] – URL: https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/3(43).pdf
5. Haykin S. Neural networks. A comprehensive foundation / S. Haykin // Pearson Education – 2005 – 824 p.

УДК 681.3:519.68

Многослойный персептрон в задачах оценки параметров технических систем

Терейковский И. А., д.т.н.,доц., Терейковская Л.А., к.т.н., доц.
НТУУ КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев, terejkowski@ukr.net
КНУСА, г. Киев, terejkowski@ukr.net

Работа посвящена вопросу повышения эффективности применения многослойного персептрона для оценки параметров технических систем. Показано, что повысить эффективность применения возможно за счет адаптации структуры многослойного персептрона к условиям поставленной задачи. Предложен математический аппарат, позволяющий проводить адаптацию структуры с позиций обеспечения минимизации относительной ошибки обобщения нейросетевой модели.

Введение

Одним из наиболее важных направлений развития современных информационно-управляющих систем является совершенствование математического обеспечения подсистемы мониторинга [1,2]. При этом все большую популярность завоевывают методы и модели теории искусственных нейронных сетей (НС), важными преимуществами которых является возможность за счет обучения на примерах решать слабоформализированные задачи, что, помимо прочего, позволяет значительно упростить и сократить процесс разработки указанной подсистемы. Во многих случаях целью применения НС в подсистеме мониторинга является формирование управленческих (диагностических) решений на основании оценки параметров, регистрируемых на эксплуатации. Обычно в качестве базовой нейросетевой архитектуры используется многослойный персептрон (МСП). Указанная нейросетевая архитектура однозначно доказала свою перспективность при распознавании кибератак, голосовых сигналов, технического состояния строительных конструкций [3-5]. Однако практический опыт использования нейросетевых систем распознавания и результаты исследований [6] указывают на необходимость повышения эффективности применения МСП за счет адаптации его структуры к условиям решаемой задачи. Данное утверждение базируется на предпосылке о том, что структура МСП оказыва-

ет заметное влияние на его ошибку обобщения, от которой в основном и зависит эффективность применения.

Разработка математического аппарата

В общем случае МСП, структурная модель которого показана на рис.1, представляет собой НС, состоящую из нескольких последовательно соединенных между собой слоев искусственных нейронов. Будем рассматривать классический МСП, у которого каждый нейрон скрытого слоя принимает все выходные сигналы предыдущего слоя, а его выходной сигнал направляется ко всем нейронам следующего слоя.

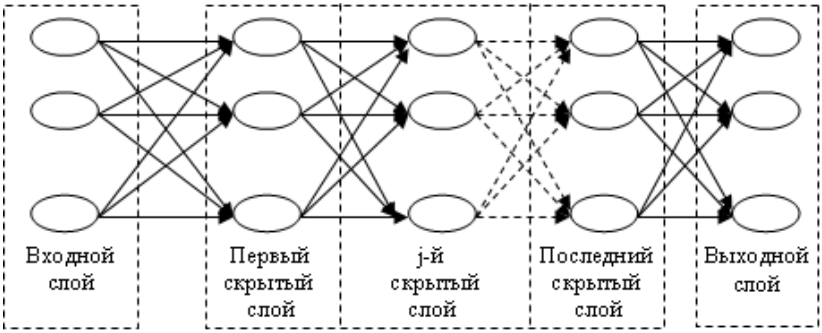

Рис. 1 Структурная модель МСП

Основными параметрами, определяющими структуру МСП, являются: количество входных нейронов, количество скрытых слоев нейронов, количество нейронов в каждом скрытом слое и количество выходных нейронов. Основываясь на результатах [1, 6] в первом приближении можно считать, что количество входных и выходных нейронов соответствует количеству регистрируемых параметров и количеству распознаваемых образов. Данные величины задаются априорно и не подлежат изменению. Поэтому адаптировать структуру МСП возможно только за счет количества скрытых слоев нейронов и количества скрытых нейронов в каждом слое. В [1, 3] приведены соответствующие расчетные выражения. Однако практический опыт и результаты [5] указывают на то, что имеющиеся решения требуют значительных уточнений. Даже в подходах к определению наилучших параметров структуры МСП существуют некоторые противоречия. Так, в [6] используется принцип минимизации количества синаптических связей, необходимых для обучения сети на заданном множестве примеров. Однако указанный принцип противоречит [3], где утверждается, что редукция размеров сети не приводит к росту ее обоб-

щающих возможностей. Также заметим, что во многих работах, посвященных применению МСП для оценки параметров технических систем, способ расчета его структурных параметров не обоснован.

Согласно [3, 6], разработка структурной модели МСП базируется на определении общего количества синаптических связей. В основу такого определения положим критерий минимизации относительной ошибки:

$$G_{MLP} \to \min \quad , \tag{1}$$

где G_{MLP} – относительная ошибка МСП.

В данном случае под термином относительной ошибки МСП будем понимать отношение ошибки обобщения (ε) к количеству синаптических связей (L_w)

$$G_{MLP} = \frac{\varepsilon}{L_w} \quad . \tag{2}$$

Переписав (1) с учетом (2) получим

$$\frac{\varepsilon}{L_w} \to \min \ . \tag{3}$$

Основываясь на результатах [1, 4], примем предположение, что при решении (3) ошибку обобщения и количество синаптических связей можно рассматривать как непрерывные величины. Указанное предположение позволяет определить оптимальное количество синаптических связей (L_w^{opt}) на основе решения следующего уравнения:

$$\frac{\partial L_w}{\partial \varepsilon} = 0 \ . \tag{4}$$

Детализируем составляющие (4). Ошибка обобщения рассчитывается как сумма ошибки аппроксимации (ε_a) и ошибки описания модели (ε_o):

$$\varepsilon = \varepsilon_a + \varepsilon_o \ . \tag{5}$$

Отметим, что ошибка аппроксимации соотносится с запоминанием МСП учебных данных, а ошибка описания соотносится с обобщением этих данных. При этом ошибка аппроксимации прямо пропорциональна отношению количества синаптических связей к количеству входных параметров (N_x):

$$\varepsilon_a \sim \frac{N_X}{L_w} \ . \tag{6}$$

Ошибка описания модели рассчитывается так:

$$\varepsilon_o \sim \frac{L_w}{P}, \tag{7}$$

где P – количество учебных примеров.

После подстановки (6, 7) в (5) получим:

$$\varepsilon \sim \left(\frac{N_X}{L_w} + \frac{L_w}{P} \right). \tag{8}$$

Подставив (8) в (4) и проведя тривиальные преобразования, получим:

$$L_w^{opt} \sim \sqrt{P \times N_X} \ . \tag{9}$$

В соответствии с общепринятыми рекомендациями по формированию обучающей выборки для МСП количество учебных примеров должно быть как минимум в 10 раз больше количества входных параметров. Также считается, что с одной синаптической связью МСП может быть ассоциировано не более 1000 учебных примеров. С учетом указанных рекомендаций выражение (9) модифицируется так:

$$\begin{cases} L_w^{\min} = 10^{0,5} k_1 N_X \\ L_w^{\max} = 10^3 k_2 N_X \end{cases}, \tag{10}$$

где k_1, k_2 – коэффициенты пропорциональности, $L_w^{\min}$, $L_w^{\max}$ – минимальное и максимальное количество синаптических связей.

Соотношение между количеством синаптических связей и количеством скрытых нейронов классического МСП задается выражением

$$L_w = N_X N_s + (H-1) N_s^2 + N_s N_Y, \tag{11}$$

где N_s – количество нейронов в скрытом слое, H – количество скрытых слоев нейронов.

После подстановки (11) в (10) получим выражение, позволяющее определить диапазон оптимального количества скрытых нейронов:

$$\begin{cases} N_X N_s^{\min} + (H-1) N_s^{\min 2} + N_s^{\min} N_Y = 10^{0,5} k_1 N_X \\ N_X N_s^{\max} + (H-1) N_s^{\max 2} + N_s^{\max} N_Y = 10^3 k_2 N_X \end{cases}, \tag{12}$$

где $N_s^{\min}$, $N_s^{\max}$ – минимальное и максимальное количество нейронов в одном скрытом слое.

Для определения коэффициентов пропорциональности k_1 и k_2 можно воспользоваться дополнительными ограничениями на общее количество скрытых нейронов. Так, согласно теореме Хехта-Нильсена, минимальное количество всех скрытых нейронов ($N_\Sigma^{\min}$) равно

$$N_\Sigma^{\min} = 2N_X + 1. \tag{13}$$

В то же время максимальное количество всех скрытых нейронов $N_\Sigma^{\max}$ равно количеству учебных примеров:

$$N_\Sigma^{\max} = P. \tag{14}$$

При этом

$$N_\Sigma = HN_s, \tag{15}$$

где N_Σ – суммарное количество скрытых нейронов.

С учетом (12-15) условия на ограничение минимального количества учебных примеров после проведения некоторых упрощений выражения для определения k_1 и k_2 можно записать так:

$$k_1 = \frac{N_X(2N_X+1)+(H-1)(2N_X+1)^2+(2N_X+1)N_Y}{10^{0,5}N_X}, \tag{16}$$

$$k_2 = 10^{-2}\left((10H-9)N_X + N_Y\right). \tag{17}$$

Таким образом, выражения (12, 16, 17) составляют основу математического аппарата для расчета диапазона оптимального количества скрытых нейронов МСП. Применение этого аппарата заключается в реализации следующих этапов:

1. Базируясь на условиях поставленной задачи, определить величины N_X, N_Y и H.

2. С помощью выражений (16, 17) определить k_1 и k_2.

3. Используя полученные значения k_1 и k_2, решить систему неравенств (12) относительно $N_s^{\min}$ и $N_s^{\max}$.

4. Округлить значения $N_s^{\min}$ и $N_s^{\max}$ до ближайших целых чисел.

Дальнейшее уточнение количества скрытых нейронов в пределах от $N_s^{\min}$ до $N_s^{\max}$ рекомендуется производить путем численных экспериментов по критерию минимизации ошибки аппроксимации.

Перспективы дальнейших исследований, связанных с улучшением архитектурных параметров МСП, в первую очередь связаны с разработ-

кой детализированного метода адаптации количества скрытых слоев к условиям поставленной прикладной задачи.

Выводы

Показано, что повысить эффективность применения многослойного персептрона для оценки параметров технических систем возможно за счет адаптации его структурных параметров к условиям поставленной задачи. Предложено проводить адаптацию с позиций минимизации относительной ошибки обобщения нейросетевой модели. Разработан математический аппарат, позволяющий рассчитать наиболее приемлемый диапазон количества нейронов в каждом скрытом слое.

Литература

1. Корченко А. Нейросетевые модели, методы и средства оценки параметров безопасности Интернет-ориентированных информационных систем: монографія / А. Корченко, И. Терейковский, Н. Карпинский, С. Тынымбаев. К. : ТОВ «Наш Формат». 2016. – 275 с.
2. Zhengbing H. The Analysis and Investigation of Multiplicative Inverse Searching Methods in the Ring of Integers Modulo M / H. Zhengbing, I. A. Dychka, M. Onai, A. Bartkoviak // Intelligent Systems and Applications, 2016, 11, P. 9-18.
3. Терейковський І. Нейронні мережі в засобах захисту комп'ютерної інформації / І. Терейковський. К. : ПоліграфКонсалтинг. 2007. – 209 с.
4. Тарасенко В. П. Метод застосування продукційних правил для подання експертних знань в нейромережевих засобах розпізнавання мережевих атак на комп'ютерні системи / В. П. Тарасенко, О. Г. Корченко, І. А. Терейковський // Безпека інформації. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 168-174.
5. Tereykovskaya L. Prospects of neural networks in business models [Text] / L. Tereykovskaya , O. Petrov , M Aleksander // TransComp 2015. 30 November – 3 December, 2015, Zakopanem, Poland. – P. 1539–1545.
6. Руденко О.Г. Штучні нейронні мережі. Навч. посіб. / О.Г. Руденко, Є.В. Бодянський. – Харків: ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. – 404 с..

UDC 519.688.16

Social share goal-setting and time management system based on neural network prediction

Gromova V., Tereshchenko I. The National Technical University of Ukraine Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine. felvit@voliacable.com, tereshchenko.igor@gmail.com

The highest achievers manage their time exceptionally well. By using the time-management techniques in this section, you can improve your ability to function more effectively – even when time is tight and pressures are high. Good time management requires an important shift in focus from activities to results: being busy isn't the same as being effective. The proposed system allows you to decompile tasks and optimize not only the order of their implementation but also exclude unnecessary or inefficient processes based on the experience of other users

Introduction

Organizational Time Management is the science of identifying, valuing and reducing wasted time within organizations. Organizational Time Management identifies, reports and financially values sustainable time, wasted time and productive time within an organization and develops the business case to convert wasted time into productive time through the funding of products, services, projects or initiatives at a positive return on investment. Many existing time management systems based on the division of tasks into subtasks and implement the principle of the organizer [1]. Since there is a huge number of tasks that are common for different users and each of them has its own experience of solving either the entire task or some of its parts, combining their results and their analysis into one common base has made it easier and more efficient to work.

Setting priorities and goals

The proposed method is based on a combination of the concepts such as Project management and Time Management [2].

Time management strategies are often associated with the recommendation to set personal goals based on ABC analysis, where Activities are ranked by these general criteria:

A – Tasks that are perceived as being urgent and important,

B – Tasks that are important but not urgent,

C – Tasks that are unimportant. (whether urgent or not)

This approach was broadened to the use of fuzzy logic, i.e. each user was able to determine the linguistic variable independently, which mean importance μ_i of process for him. These variables are stored in the database and show the user's view of the target. Based on these data, the overall value of the importance factor for the task is calculated as a piecewise smooth function which stored in database as '*object_importance*':

$$\mu_{avg_task_j} = \frac{\sum_i^N \sup(\mu_i)}{N}$$

Based on $\mu_{avg_task_j}$ task ordered using ABC method and performed with the usage of Pareto analysis [3] e.t. 80% of tasks can be completed in 20% of the disposable time. The remaining 20% of tasks will take up 80% of the time. Tasks assigned a higher priority sorting by time to be completed within 20% of user available time.

Since it is very important to take into account the psychotypes of users, an POSEC [4] analysis performed The method dictates a template which emphasizes an average individual's immediate sense of emotional and monetary security. These approach provide '*user_process_weigth'* values which stored in database.

Implementation of goals

When one of the items on a task list is accomplished, the task is checked or crossed off. Task lists have the form of software checklists.

Task lists are often prioritized: ordering performed by $\mu_{avg_task_j}$ and using GTD approach where the basic idea is to finish all the small tasks immediately as big one the group of task which left after division on POSEC organize into one new task with importance value

$$\mu_{GTD_task_l} = \frac{\sum_i^{l\ldots n} \inf(\mu_i)}{N}$$

where *l..n* – indexes of remaining tasks.

For data storing were used Cassandra NoSQL database deploying on Amazon cluster with ERD model presented on fig. 1.

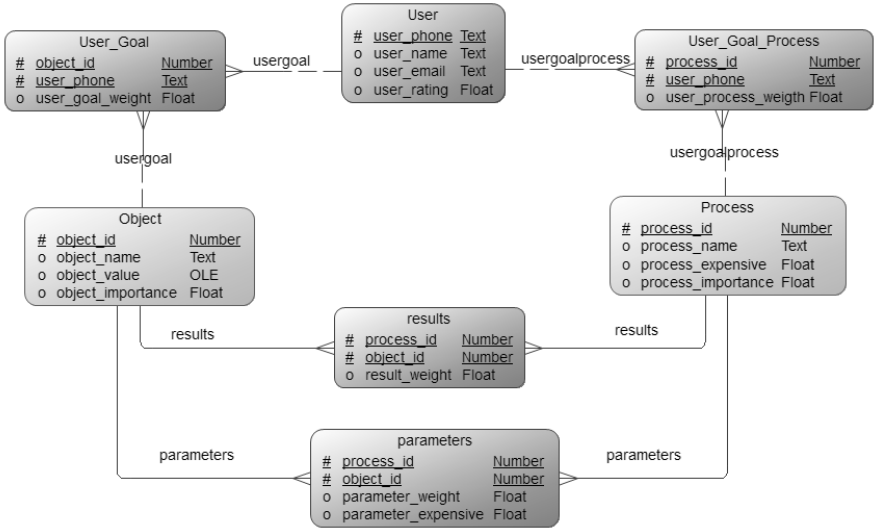

Figure 1. ERD model.

The main goal was assuming not the object like many method proposed but process e.t. what system concentrate uses not to choose the thing he is interest in but proposed the way of acting.

Goal function presented like vector function of objects which is produced by process:

$$(obj_1, \dots, obj_m) = process_k(obj_1)$$
$$(obj_1, \dots, obj_m) = process_{k+1}(obj_1, obj_2)$$
$$(obj_1, \dots, obj_m) = process_{k+2}(obj_2, obj_3)$$
$$(obj_1, \dots, obj_m) = process_{k+3}(obj_1, obj_2, obj_3)$$
$$\dots$$
$$(obj_1, \dots, obj_m) = process_{k+p}(obj_l, \dots, obj_n)$$

e.t. the same group of objects can be produced by different process and input of process could be output of other process. GDT approach allows to simplify this function:

$$(obj_1, \dots, obj_m) = process_k\big(obj_l, \dots obj_p, obj_{p+1}, \dots, obj_n\big) =$$
$$= process_k\big((obj_l, \dots, obj_p), (obj_{p+1}, \dots, obj_n)\big) =$$
$$= process_k\big(process_p(obj_l, \dots, obj_p), process_{p+1}(obj_{p+1}, \dots, obj_n\big)$$

where $obj_l, \dots, obj_p$ – group object which is belong to first group of GDT and $obj_{p+1}, \dots, obj_n$ – group object which is belong to second one.

$process_k$ – is checking from database as most effective one based on '*process_expensice*' characteristic which is user input. The main task is become to find the sequence of process and to minimize the total cost of final process.

Branch and bound method used for such kind minimization and for reducing set of potential process was used Caffe NN framework [4]. Input was taken as *User_Goal* and *User_Goal_Process* data (fig. 1), output was taken as *results* data and training was performed and *Process* and *parameters* data. Caffe needed to establish new relationship between these entities. As initial dataset was gathered on user experiences without minimization approach just filtering on '*process_expensice*' characteristic.

Conclusion

A certain initial base can also be introduced at the beginning by experts. It means to prescribe the basic possible steps for achieving standard goals. As all data has weights this one could be assigned of the highest one. Next inserts should be calculating based on proposed approaches.

Asking users to fill the questionnaires about situation allows to verify and specify the parameters of model. The proposed approach allows you to focus on the process of achieving the goal, rather than on intermediate results, as in most methods.

References

1. *Chen, Y., Wang*. Project Management Institute (2004). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. ISBN 1-930699-45-X.
2. *Liu, Y., Song, Y. Change Your Brain Change Your Life: The Breakthrough Program for Conquering Anxiety, Depression, Obsessiveness*, Anger, and Impulsiveness 1998
3. *Hendrickson F, Elisabeth T. The Tyranny of the "To Do" List*. Sticky Minds. Retrieved October 31, 2005.
4. *Partho J. Top 10 Time Management Software for Windows*. Gaea News Network. Retrieved October 9, 2016.

УДК 621.43.056:632.15

Формалізація даних часопису на основі понятійно-тезисної моделі

Титенко С. В., к.т.н.,доцент, , Астахов А.Г.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського,м. Київ, artem.astakhov95@gmail.com

Дана робота присвячена створенню програмної системи формалізації даних часопису на основі понятійно-тезисної моделі. Понятійно-тезисна модель була вдосконалена доданням до неї елементів часового періоду. Додаток може використовуватись користувачами для вивчення даних часопису. Користувач має змогу обирати проміжок часу, матеріали за який він бажає вивчити, а система направляє користувача у вивченні тої чи іншої тематики.

Вступ

Процес вивчення дисциплін історичного спрямування полягає у освоєнні великого обсягу інформації. Ця інформація має бути правильно поданою, у правильному хронологічному порядку, тощо. Досить часто інформація, яку доводиться вивчати, сформована не досить правильно, і користувач не направляється у подальшому вивченні матеріалів. Сучасність потребує більшої інтелектуалізації навчального процесу, і новітні технології дозволяють нам це зробити.

Метою даної роботи є створення інформаційної системи, яка допоможе автоматизувати процес формування даних часопису. Головною задачею системи є направлення користувача у правильному вивченні матеріалів часопису, які містяться в системі. Система повинна підказувати користувачу, на що необхідно звернути увагу при вивченні того чи іншого матеріалу.

Самі семантичні елементи ПТМ виділяються безпосередньо із навчального фрагменту, за допомогою інструментів, які надаються системою. При додаванні нового навчального матеріалу, відбувається пошук та виділення вже заданих елементів ПТМ в тексті.

Система повинна забезпечувати наступні можливості:

- створювати, та редагувати статті;
- виділяти та додавати до понятійно-тезисної бази нові поняття та тези безпосередньо в процесі перегляду статті;

- вибирати деякий період, який цікавить користувача, та переглядати всі відомості про нього, які містяться в системі;
- надавати користувачу підказки щодо матеріалів та понять, пов'язаних з поточним навчальним фрагментом.

Основні визначення понятійно-тезисної моделі

Понятійно-тезисна модель (ПТМ) – це модель подання знань, яка формалізує зміст навчального контенту і розробляється спеціально для систем дистанційного навчання з урахуванням специфічних вимог навчального процесу [1].

Понятійно-тезисна модель (ПТМ) розроблена для формалізації дидактичного тексту і мультимедіа, що є вмістом інформаційно-навчальної програмної системи. ПТМ служить як засіб моделювання смислу контенту і відповідає за предметну формалізацію навчальних матеріалів. ПТМ надає засоби опису понятійної складової контенту і забезпечує основу для програмного інструментарію редагування і використання бази даних та знань

Поняття – це певний об'єкт обговорення деякої області, який представляється для вивчення. Іншими словами, поняття – це одне або кілька слів, які виражають предмет розгляду деякого фрагменту навчального матеріалу [2].

Теза – це деяка відомість або твердження про поняття. Якщо поняття вказують предмет курсу, то тези являють собою смислове наповнення бази знань [3].

Формальна модель системи

Множина понять у системі позначається наступним відношенням: $C = \{c_1, \dots, c_{n1}\}$

Якщо поняття вказують на предмет курсів, то тези являють собою описово-смислове наповнення бази знань, яке розкриває характер і властивості наявних понять [4]. Теза являє собою одне або декілька речень, в яких мова іде безпосередньо про відповідне поняття, але, як правило, саме поняття не зустрічається в тезі. Множина тез у системі позначається наступним чином [5]: $T = \{t_1, \dots, t_{n2}\}$.

Поняття і тези у сукупності в попередніх роботах було запропоновано називати ПТ-елементами. Кожна теза стосується одного поняття. Цей зв'язок задається відношенням: $CT: T \rightarrow C$

А кожне поняття може мати довільну кількість тез, що описується відношенням [6]: $TC: C \rightarrow 2^T$

При підготовці методичних матеріалів дистанційного курсу весь матеріал в решті решт прийнято ділити на дрібні фрагменти. Множина фрагментів або сторінок навчального контенту подається множиною: $V=\{v_1,...,v_{n3}\}$

Семантичні елементи ПТМ виділяється безпосередньо із тексту навчального фрагменту. Досліджуючи навчальний матеріал, експерт виділяє безпосередньо із тексту і додає в БЗ важливі навчальні поняття та їх тези [2]. У результаті кожен фрагмент v_i може стати джерелом довільної кількості тез t_j, що задається відображенням: $TV: V \rightarrow 2^T$

Кожна t_j, у свою чергу, стосується одного навчального фрагменту v_i: $VT: T \rightarrow V$.

Так як тези стосуються лише одного навчального фрагменту, з якого вони були добуті, тоді як поняття можуть стосуватись багатьох навчальних ділянок, зв'язок між поняттями і навчальним матеріалом забезпечується опосередковано через тези: поняття – теза – навчальний матеріал [5]. Поняття, які стосуються даної навчальної ділянки, визначаються оператором:

$$CV(v)=\{c: TV(v) \cap TC(c) \neq 0$$

Відповідно навчальний матеріал, якого стосується дане поняття, визначається оператором:

$$VC(c)=\{v: TV(v) \cap TC(c) \neq 0\}$$

В кожного елемента понятійно-тезисної моделі є свій період часу, до якого він відноситься: $tp_k = (t_1, t_2)$, де t_1=<D,M,Y> - день, місяць, рік початку, t_2=<D,M,Y> - день, місяць, рік кінця часового періоду.

Схематичне зображення ділянки ПТМ у співвідношенні з навчальним матеріалом (рисунок 1):

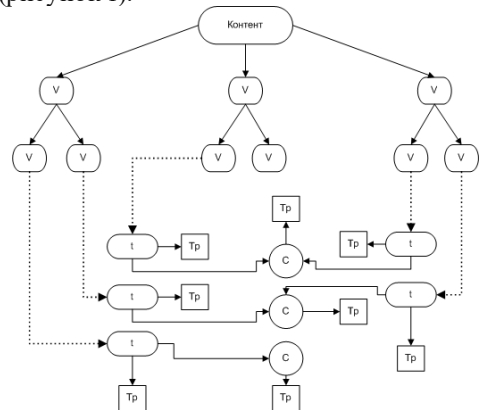

Рисунок 1 – Ділянка ПТМ у співвідношенні з навчальним матеріалом

День, місяць та рік початку і завершення часового періоду задаються окремими полями, які не залежать один від одного.

Кожен період має свою дату початку: $\mathrm{tpStart}(\mathrm{tp_k}) = \mathrm{t_1}$, та дату завершення $\mathrm{tpEnd}(\mathrm{tp_k}) = \mathrm{t_2}$.

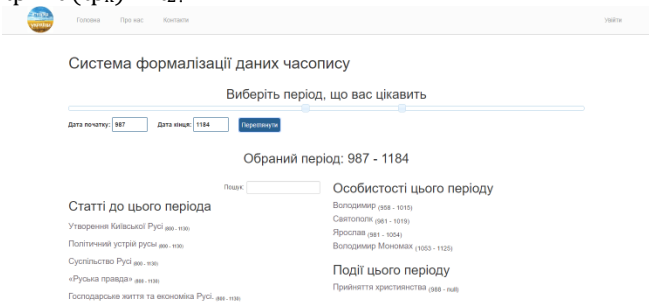

Рисунок 2 – Процес вибору часового періоду

Як вже зазначалося, кожне поняття має свій часовий період: $\mathrm{CTP}: \mathrm{C} \rightarrow \mathrm{TP}$

Так само до певного часового періоду відносяться тези та навчальні матеріали. $\mathrm{TTP}: \mathrm{T} \rightarrow \mathrm{TP}$, $\mathrm{VTP}: \mathrm{V} \rightarrow \mathrm{TP}$.

Дана система надає користувачу можливість за допомогою спеціальних інструментів обирати період часу, який його цікавить. Обраний користувачем період часу задається відношенням: $\mathrm{tpu} = (\mathrm{tp_1}, \mathrm{tp_2})$.

Після того, як користувач задає період часу, який його цікавить, та натискає кнопку для перегляду інформації заданого періоду, система робить запит до бази даних для отримання усіх матеріалів, які входять до заданого користувачем періоду часу.

Запит, який робить система до бази даних для отримання множини понять, опрацьовується оператором:

$$CofTP(tpu) = \{c: tpSart(CTP(c)) >= tpStart(tpu) \wedge tpStart(CTP(c)) <= tpEnd(tpu) \vee tpEnd(CTP(c)) >= tpStart(tpu) \wedge tpEnd(CTP(c)) <= tpEnd(tpu) \vee tpSart(CTP(c)) < tpStart(tpu) \wedge tpEnd(CTP(c)) > tpEnd(tpu)\}$$

Так само робиться запит для отримання навчальних матеріалів заданого періоду. який опрацьовується оператором:

$$VofTP(tpu) = \{v: tpSart(VTP(v)) >= tpStart(tpu) \wedge tpStart(VTP(v)) <= tpEnd(tpu) \vee tpEnd(VTP(v)) >= tpStart(tpu) \wedge tpEnd(VTP(v)) <= tpEnd(tpu) \vee tpSart(VTP(v)) < tpStart(tpu) \wedge tpEnd(VTP(v)) > tpEnd(tpu)\}$$

Висновки

Результатом описаних досліджень є розроблена система яка може бути використана у вивченні дисциплін історичного спрямування. Система створена на основі понятійно-тезисної моделі. В ході роботи було запропоновано ввести до понятійно-тезисної моделі нову структуру – часовий період, що дає можливість використовувати ПТМ для формалізації даних часопису. На сьогодні система запущена на веб-порталі за адресою http://history-time.in.ua/. Дана система є підґрунтям для побудови дидактичної онтології контенту дисциплін історичного спрямування.

Література

1. Титенко, С. В. Автоматизація побудови дидактичної онтології на основі понятійно-тезисної моделі / С. В. Титенко, О. О. Гагарін // X Міжнародна наукова конференція імені Т.А. Таран «Інтелектуальний аналіз інформації ІАІ-2010.»: Зб. праць Міжнар. наук. конф. Київ, 18–21 травня 2010р. – Київ.: Національний технічний університет України «КПІ», 2010. – С. 269-275.
2. Титенко С.В. «Програмне забезпечення онтологічно-орієнтованої системи керування інформаційно-навчальним Web-контентом». Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем., Київ – 2011. С. 78-107
3. Титенко С.В., Гагарін О.О. Семантична модель знань для цілей організації контролю знань у навчальній системі. // Сборник трудов международной конференции «Интеллектуальный анализ информации-2006». – Київ: Просвіта, 2006. – С.298-307.
4. Титенко С.В., Гагарін О.О. Практична реалізація технології автоматизації тестування на основі понятійно-тезисної моделі. Образование и виртуальность – 2006. Сборник научных трудов 10-й Международной конференции Украинской ассоциации дистанционного образования / Под общ. ред. В.А. Гребенюка, Др Киншука, В.В. Семенца.– Харьков-Ялта: УАДО, 2006.– С. 401-412
5. Титенко С. В. Програмне забезпечення онтологічно-орієнтованої системи керування інформаційно-навчальним Web-контентом : дис. канд. техн. наук : 01.05.03 / Титенко Сергій Володимирович – Київ, 2011
6. Титенко, С. В. Побудова дидактичної онтології на основі аналізу елементів понятійно-тезисної моделі/ С. В. Титенко // *Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2010. – № 1(69). – С. 82-87.*

Зміст

Пам'яті Ю.Р. Валькмана 3

Бабаджанова О.О., Копычко С.Н., Ларина И.С.
Способ оптимизации многопутевых виртуальных каналов 6

Білоус А. О. Представлення, обробка та інтерактивний доступ до професійно-навчальної інформації 12

Богданов А. В., Гагарін О. О., Богачков Ю. М.
Формування індивідуальної траєкторії навчання співробітника на підприємстві 17

Бондарчук Ю. В. Проблема компрометації результатів машинного навчання 23

Боргест Н.М. К вопросу о формировании понятия «Интеллектуальный анализ информации» 28

Вельбицкий И.В. Программирование без языков программирования (Новая математическая полиглот-концепция) 35

Вішталь Д.М., Васильєв В.І., Любашенко Н.Д.
Система підтримки опублікування і споживання веб-даних 44

Воротніков В. В., Гуменюк І. В. Прогнозування трафіку на основі дослідження його самоподібних властивостей 50

Городничая Е.А., Крисилов В.А.
Работа с объектами, описанными с помощью временных характеристик в условиях неопределенности 56

Gromova V.V, Kovalchuk-Kimuk L.
Modeling of material and energy flows in the metropolitan areas using urban metabolism approaches 63

Дробязко І. П., Северін С. І., Тесленко О. К. Способи використання генетичних алгоритмів і багаторозрядних підстановок для підвищення ефективності існуючих засобів ущільнення даних 71

Жилякова Л.Ю. Графовая динамическая модель «ресурсная сеть»: структурные и функциональные характеристики 75

Zorin Yu.
An improved flower pollination algorithm for global optimization 85

Івохін Є. В., Аджубей Л. Т. Про оцінювання інтервалів належності найближчих до заданого цілого простих чисел 92

Івохін Є.В., Науменко Ю.О., Апанасенко Д.В. Про моделювання розповсюдження реклами в межах цільової аудиторії 96

Kovalchuk-Kimuk L, Tereshchenko I. The construction of dynamic motion of the cervical vessels based on MRI images 101

Копилова В. Ю., Титенко С. В. Оптимізація алгоритму упорядкування графу дидактичної онтології 106

Kopychko S.M., Shubenkova I.A., Shmarkunenko A.D. The Intelligent Decision-Making Support System (IDMSS) for packing and placing objects based on optimization methods 112

Коровин М.Д. Подходы к созданию персонифицированных дистанционных учебных курсов на основе мультиагентных технологий 125

Кулаков Ю.А., Лопушен Ю.И. Способ масштабирования кластерного приложения в программно определяемой сети 131

Lande D. V., Andrushchenko V. B., Balagura I. V. Wikipedia index of scientists' popularity 137

Летичевский А.А., Лялецкий А.В. О языковой поддержке интерфейса пользователя с базами данных и знаний 144

Лискин В.О. Сирота С.В. Про нову концепцію рушія онтологокерованої системи дистанційного навчання 148

Литвинов В. А., Майстренко С. Я., Хурцилава К. В. Показник дисфункції референтного словника системи перевірки орфографії і «точковий» алгоритм її узгодженого зниження 152

Масалитина Н.Н. Интеллектуальная система диагностики дегенеративно-дистрофических заболеваний поясничного отдела позвоночника 159

Полин Е.Л., Кащенко Е.Е. Представление SQL-запросов для экспертной системы тестирования 166

Полин Е.Л., Пригожева О.С. Модель пользователя для графического интерфейса на основе сети графов 170

Попова М. А., Гончар А. В., Попов В.О.
Онтологія екскурсії 3d панорамою віртуального музею 175

Пригожев А. С., Ленская К.Ф. Анализ результатов
тестирования на основе гибридных ресурсных сетей 182

Рогушина Ю.В. Разработка методов
интеграции wiki-ресурсов с онтологиями 188

Рогушина Ю.В., Прийма С. М. Використання онтологічного
аналізу для забезпечення прозорості рамок кваліфікацій 195

Самигулина Г.А., Масимканова Ж.А.
Построение онтологических моделей алгоритмов
роевого интеллекта для иммунносетевого моделирования лекарств 202

Святогор Л.А. Конструктивная
идея семантического анализа естественно-языковых текстов 209

Snarskii A. A., Lande D. V., Zorinets D. I., Levchenko A. V.
Reciprocally time correlating objects ranking 216

Темников В.А., Темникова Е.Л.
Принципы построения систем информационной
поддержки принятия решений на авиатранспортных предприятиях 222

Темнікова О.Л., Великанов Н.С. Навчання нейронної
мережі в задачі розстановки розділових знаків в тексті 229

Терейковский И. А., Терейковская Л.А. Многослойный
персептрон в задачах оценки параметров технических систем 233

Gromova V. V., Tereshchenko I. O. Social share goal-setting
and time management system based on neural network prediction 239

Титенко С. В., Астахов А.Г.
Формалізація даних часопису на основі понятійно-тезисної моделі 243

Збірка праць
XVI міжнародної наукової конференції імені Тетяни Архипівни Таран
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЇ
ІАІ-2017

електронне видання

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ
д.т.н., проф. Валькман Ю.Р.
д.т.н., проф. Голєнков В.В.,
д.т.н., проф. Дичка І.А.,
д.ф.-м.н., проф. Жилякова Л.Ю.,
Д.т.н., проф., академік НАН України Згуровський М.З.,
д.ф.-м.н., проф. Івохін Є. В.
д.хаб., проф. Кожокару С. К.,
д.т.н., проф. Кондратенко Ю.П.,
к.ф.-м.н., проф. Крейнович В.,
д.т.н., проф. Кузнєцов О.П.,
д.т.н., проф. Кулаков Ю. О.,
д.т.н., проф. Литвинов В.В.,
проф. Меліков А. З. огли,
д.т.н., проф. Смородин В.С.,
д.ф.м.н., проф. Снарський А. О.,
д.т.н., проф. Стефанюк В.Л.
д.т.н., доц. Чертов О.Р.,

Головний редактор к.т.н., доц. Сирота С.В.
Відповідальний редактор Темнікова О.Л.
Відповідальний за випуск Копичко С.М.

ВИДАВНИЦТВО "ПРОСВІТА" КИЇВ

Промислово-торговельна фірма «Просвіта»
у формі товариства з обмеженою відповідальністю.
01032, Київ, бульвар Т. Шевченка, 46,
тел. (044) 234–15–86, 234–95–23 (факс).
Свідоцтво ДК № 221 від 16.10.2000 р.

доступно за посиланням http://pma.fpm.kpi.ua/sites/default/files/iai-2017.pdf