

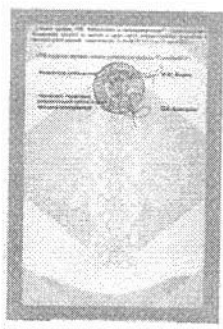


Меню журнала

- > Архив номеров
- > Рубрики
- > О журнале
- > Авторы
- > Требования к статьям
- > Редакция и редакционный совет
- > Рецензенты
- > Порядок рецензирования статей
- > Политика издания
- > Этические принципы
- > Правовая информация



Реквизиты журнала



ГЛАВНАЯ > Вернуться к содержанию

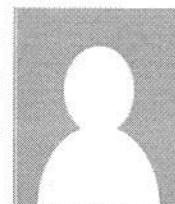
Оптимизация когнитивной карты для задач прогнозирования

Жилов Руслан Альбердович

аспирант, отдел "Интеллектуализации информационных и управляющих систем", ФГБНУ "Институт прикладной математики и автоматизации"

360000, Россия, республика Кабардино-Балкария, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89а

✉ kavkaze@inbox.ru



Аннотация. Предметом исследования является необходимость принятия решений в слабо структурированных динамических ситуациях, когда параметры, законы и закономерности развития ситуации описываются качественно. Это уникальные ситуации, в которых динамика параметров ситуации сопровождается трудно предсказуемыми изменениями ее структуры. Объектом исследования являются когнитивные карты или компьютерные системы моделирования когнитивных карт. Автор подробно рассматривает такие аспекты темы как сложности принятия решения при нехватке и неточности информации и методы оптимизации когнитивной карты для задач прогнозирования. Особое внимание уделяется алгоритмам оптимизации размерности данных и оптимизации структуры когнитивной карты. Для оптимизации размерности данных используются методы кластерного анализа, а оптимизация структуры когнитивной карты заключается в автоматической подстройке весов влияния концептов друг на друга методами машинного обучения. Основным выводом проведенного исследования является уменьшение субъективизма когнитивной карты при прогнозировании системы. Вкладом автора в исследование темы является представление когнитивной карты в виде однослойной нейронной сети и применение методов обучения таких нейронных сетей, предложенный Розенблаттом. Новизна исследования заключается в получении новой структуры когнитивной карты.

Ключевые слова: когнитивная карта, концепт, кластерный анализ, нейронная сеть, машинное обучение, обучающая выборка, нечеткие множества, размерность данных, Евклидово расстояние, параметризация

DOI: 10.7256/2306-4196.2015.5.16592

Введение

В процессах управления возникает необходимость принятия решений в слабо структурированных динамических ситуациях, когда параметры, законы и закономерности развития ситуации описываются качественно. Это уникальные ситуации, в которых динамика параметров ситуации сопровождается трудно предсказуемыми изменениями ее структуры.

Для принятия решений в условиях нехватки точной количественной информации экспертам и аналитикам приходится опираться на собственный опыт и интуицию, используя при принятии решений в качестве модели динамической ситуации субъективную модель, основанную на экспертных оценках аналитиков. Для построения такой модели пользуются когнитивными картами или компьютерными системами моделирования когнитивных карт.

Основным понятием теории когнитивных карт является концепт. Концептом называется базовый (неделимый) элемент рассматриваемой системы^[1]. Пусть K множество концептов (элементов) рассматриваемой системы, а множество связей, каждая из которых описывает силу влияние одного концепта (концепта-причины) на другой концепт (концепт-следствие). Направленность этой связи означает, что концепт-источник *влияет* на концепт-приемник, т.е. изменение значений (состояний) концепта-источника приводит к изменению значений (состояний) концепта-приемника.

Деятельность экспертов и аналитиков, направленная на исследование ситуации и принятия решений с помощью когнитивных карт, представляет собой методологию – логико-временную структуру применения различных методов и приемов: построение когнитивной карты, ее параметризация, получение прогнозов развития ситуаций, верификации, корректировки когнитивной карты и принятия решений^[2].

Постановка задачи

Для принятия правильного решения в условиях неточной и неполной информации пользуются компьютерными моделями когнитивных карт. Требуется оптимизировать структуру данных путем уменьшения их внутренней размерности методами кластерного анализа и методы подстройки весов влияния концептов друг на друга алгоритмами обучения искусственных нейронных сетей.

Оптимизация входных данных(концептов) когнитивной карты

Построение когнитивной карты и ее параметризация являются самыми важными и сложными этапами и нуждаются в оптимизации. Сложность при построении когнитивной карты выявляется при наличии большого количества входных данных (концептов). Принятие правильного решения в условиях неопределенности и огромного количества входных данных в самоорганизующихся системах напрямую зависит от качественного анализа входных данных и их классификации. Необходимость классификации входных данных по определенным признакам обусловлена тем, что такая процедура уменьшает внутреннюю размерность множества данных, что существенно облегчает построение когнитивной карты для заданной системы. Одним из известных направлений уменьшения внутренней размерности данных является кластеризация данных. Кластерный анализ позволяет разбивать множество данных на конечное число однородных групп.

Из всех методов кластерного анализа самыми распространенными являются иерархические агломеративные методы. Сущность этих методов заключается в том, что на первом шаге каждый объект рассматривается как отдельный кластер. Процесс объединения кластеров происходит последовательно: на основании матрицы расстояний или матрицы

сходства объединяются наиболее близкие объекты.

В кластерном анализе каждый объект описывается к признаками, т.е. он может быть представлен как точка в k-мерном пространстве. Сходство с другими объектами будет определяться как соответствующее расстояние. В кластерном анализе используют различные меры расстояния между объектами.

Евклидово расстояние - наиболее общий тип расстояния. Является геометрическим расстоянием между точками в многомерном пространстве:

$$P_e(x_i, x_j) = \left(\sum (x_{ik} - x_{jk})^2 \right)^{1/2} \quad (1)$$

где: x_i, x_j - координаты i-го и j-го объектов в k-мерном пространстве;

x_{ik}, x_{jk} - величина l-той компоненты у i-го (j-го) объекта ($l=1, 2, \dots, k; i, j=1, 2, \dots, n$).

Вычисляя расстояния между точками по формуле (1) строится матрица расстояния

$$P = \begin{pmatrix} P_{11} & \dots & P_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix}$$

Где P_{ij} - расстояние между i-ым и j-ым объектом^[1].

Процесс объединения кластеров происходит последовательно: на основании матрицы расстояний объединяются наиболее близкие объекты одним из методов иерархического кластерного анализа.

В общем виде алгоритм иерархического кластерного анализа можно представить в виде последовательности процедур:

- 1) Значения исходных переменных нормируются.
- 2) Рассчитывается матрица расстояний или матрица мер близости.
- 3) Находится пара самых близких кластеров. По выбранному алгоритму объединяются эти два кластера объединяются. Новому кластеру присваивается меньший из номеров объединяемых кластеров.
- 4) Пункты 2, 3 и 4 повторяются до тех пор, пока все объекты не будут объединены в один кластер или до достижения заданного "порога" близости.

В результате мы получаем кластеры, элементы которых схожи по определенным признакам и на основании этих кластеров строится когнитивная карта.

Когнитивная карта представляет собой оргграф $G=(K, w)$, где K-множество вершин графа (концепты), w-множество ребер (связей)^[3].

Оптимизация когнитивной карты заключается в том, что она строится не на n-входных данных, а на k, где $k < n$. Кластеризация данных для построения когнитивной карты при большом количестве входных данных является оптимальной, так как уменьшается количество концептов и количество связей между этими концептами, тем самым сокращается количество операции выполняемых на каждом шаге обработки когнитивной карты. При этом когнитивная карта становится более наглядной и понятной эксперту. Последнее обстоятельство облегчает построение когнитивных карт, работающих в реальном режиме времени.

Оптимизация структуры (весов влияния) когнитивной карты

Следующим этапом является параметризация когнитивной карты, т.е. задание весов связей w_{ij} . В существующих методах построения когнитивной карты веса связей влияния задаются экспертом, что существенно увеличивает долю субъективизма в когнитивной карте. Оптимизация данного этапа заключается в автоматической настройке весов влияния концептов друг на друга методами машинного обучения. Когнитивную карту можно представить в виде однослойной нейронной сети. Все входные сигналы подаются всем нейронам. Выходными сигналами сети могут быть все или некоторые выходные сигналы нейронов после нескольких тактов функционирования сети. В качестве обучающей выборки будет выступать состояние системы за предыдущие этапы времени, наборы пар векторов (x_i, y_i) , $i=1, \dots, p$, т.е. состояние всех концептов, входящих в когнитивную карту на каждом этапе. При обучении на вход будет поступать вектор состояния концептов на $p-1$ -ом шаге, а на выходе должен получаться вектор состояния концептов на p -ом шаге. После многократного представления таких примеров веса стабилизируются. В процессе функционирования сеть формирует выходной вектор y в соответствии с входным вектором x . В зависимости от того как отличается полученный результат от желаемого веса связей настраиваются.

Для обучения когнитивной карты подходит метод обучения однослойных нейронных сетей, предложенный Розенблаттом^[4]. Суть метода состоит в итерационной подстройке матрицы весов, последовательно уменьшающей ошибку в выходных векторах. Алгоритм включает несколько шагов:

На первом шаге весам влияния будут считаться случайными величинами между 0 и 1.

На втором шаге на вход подается входной вектор x_i в результате на выходе получаем вектор y_i , сформированный на основе случайных весов влияния.

На третьем шаге вычисляем вектор ошибки

$$a_i = y_i - y_i$$

Дальнейшая идея состоит в том, что изменение вектора весовых коэффициентов в области малых ошибок должно быть пропорционально ошибке на выходе и равно нулю, если ошибка равна нулю.

На четвертом шаге вектор весов модифицируется по формуле

$$w(t+1) = w(t) + c x_i a_i$$

Здесь $0 < c < 1$ - темп обучения.

Шаги 1-4 повторяются для всех обучающих векторов. Один цикл последовательного предъявления всей выборки называется эпохой. Обучение завершается по истечении нескольких эпох: а) когда итерации сойдутся, т.е. вектор весов перестанет изменяться или б) когда полная, просуммированная по всем векторам абсолютная ошибка станет меньше некоторого малого значения.

Такая процедура оптимизирует веса связей в когнитивной карте для последующего прогнозирования развития системы. Составив когнитивную карту подстраиваем веса влияния алгоритмами обучения однослойных нейронных сетей (обучаем когнитивную карту). Данная процедура делает когнитивную карту более объективной. Единственным условием для корректной подстройки весов является наличие обучающей выборки (данные функционирования системы по которой строится когнитивная карта за предыдущие этапы времени).

Такие же методы оптимизации подходят и для нечетких когнитивных карт, в которых концепты могут принимать значения из диапазона действительных чисел [0..1]. Термин «нечеткие» обозначает только то, что причинные связи (связи взаимовлияния) могут принимать не только значение, равное 0 или 1, а лежат в диапазоне действительных чисел, отражающих «силу» влияния одного концепта на другой[5].

Библиография

1. Авдеева, З.К. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) // З.К.Авдеева, С.В. Коврига, Д.И. Макаренко // Управление большими системами. Выпуск 16 / М.: ИПУ РАН, 2007. С.26-39.
2. Кулинич А. А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Control sciences №3 2010 .
3. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies.-1986.-Vol. 1.-P. 65-75.
4. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики (перцептрон и теория механизмов мозга). –М.: Мир, 1965.-480с.
5. Жилон Р. А. Применение нечетких когнитивных карт в системах принятия решения //Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых «Современные вопросы математической физики, математической биологии и информатики». Нальчик, 2014. С 54-55.
6. Коробейников А.Г., Алексанин С.А. Методы автоматизированной обработки изображений при решении задачи магнитной дефектоскопии // Кибернетика и программирование. - 2015. - 4. - С. 49 - 61. DOI: 10.7256/2306-4196.2015.4.16320. URL: http://www.e-notabene.ru/kp/article_16320.html

References (transliterated)

1. Avdeeva, Z.K. Kognitivnoe modelirovanie dlya resheniya zadach upravleniya slabostrukturirovannymi sistemami (situatsiyami) // Z.K.Avdeeva, S.V. Kovriga, D.I. Makarenko // Upravlenie bol'shimi sistemami. Vypusk 16 / M.: IPU RAN, 2007. S.26-39.
2. Kulnich A. A. Komp'yuternye sistemy modelirovaniya kognitivnykh kart: podkhody i metody // Control sciences №3 2010 .
3. Kosko V. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies.-1986.-Vol. 1.-P. 65-75.
4. Rozenblatt F. Printsipy neirodinamiki (pertseptron i teoriya me-khanizmov mozga). –M.: Mir, 1965.-480s.
5. Zhilov R. A. Primenenie nechetkikh kognitivnykh kart v sistemakh prinyatiya reshenii //Materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferen-tsii molodykh uchennykh «Sovremennye voprosy matematicheskoi fi-ziki, matematicheskoi biologii i informatiki». Nal'chik, 2014. S 54-55.
6. Korobeinikov A.G., Aleksanin S.A. Metody avtomatizirovannoi obrabotki izobrazhenii pri reshenii zadachi magnitnoi defektoskopii // Kibernetika i programmirovanie. - 2015. - 4. - С. 49 - 61. DOI: 10.7256/2306-4196.2015.4.16320. URL: http://www.e-notabene.ru/kp/article_16320.html

Ссылка на эту статью

Просто выделите и скопируйте ссылку на эту статью в буфер обмена. Вы можете также [попробовать найти похожие статьи](#)
 Жилон Р.А. Оптимизация когнитивной карты для задач прогнозирования // Кибернетика и программирование. - 2015. - № 5. - С.128-135. DOI: 10.7256/2306-4196.2015.5.16592. URL: http://e-notabene.ru/kp/article_16592.html



Поделиться

Tweet

Другие сайты издательства:
 Официальный сайт издательства NotaBene / Aurora Group s.r.o.
 Сайт исторического журнала "History Illustrated"

Перепечатка материалов допускается только в некоммерческих целях со ссылкой на оригинал публикации. Охраняется законами Российской Федерации. Любые нарушения закона преследуются в судебном порядке. © ООО "НБ-Медиа"

