

УДК 316.023.6

МЕТОД РАСЧЕТА ПАРНЫХ СВЯЗЕЙ В КОГНИТИВНЫХ КАРТАХ

*Д.ф.-м.н., проф. Снарский А.А.¹, Зоринец Д.И.¹, д.т.н. Ландэ Д.В.²,
Левченко А.Ю.³*

¹НТУУ «КПИ», *asnarskii@gmail.com, deniszorinets@gmail.com*

²ИПРИ НАН Украины, г. Киев, *dwlande@gmail.com,*

³ROSEN Europe B.V., *pimokat@gmail.com*

В работе приведено описание К-метода расчета парных связей в когнитивных картах. Предложенный метод и алгоритм ранжирования связей в когнитивных картах позволяет разрешить проблемы и противоречия, проявляемые анализе с помощью общепринятого импульсного метода.

Введение

При проведении сценарного анализа во многих областях, в частности, в области информационной безопасности, рассматриваются онтологии соответствующих предметных областей [1], [2]. При таком подходе онтологии служат основой построения так называемых «когнитивных карт» [3], графов, выбранные подграфы которых выступают в качестве основы формирования сценариев при поддержке принятия управленческих решений.

Когнитивная карта – ориентированный граф, ребрам (а в некоторых случаях и узлам) которого могут быть сопоставлены веса. Как и любой граф, когнитивная карта определяется матрицей смежности, элементы которой соответствуют весам ребер между вершинам. Вершинам когнитивной карты соответствуют некоторые понятия (концепты), а ребрам (связям) – причинно-следственные (каузальные) связи между концептами. Вес ребра когнитивной карты имеет положительное значение, если увеличение веса концепта-причины приводит к увеличению веса концепта-следствия. Отрицательный вес ребра означает, что увеличение веса концепта-причины приводит к уменьшению веса концепта-следствия. Таким образом, когнитивная карта представляет собой оргграф, каждому узлу которого приписывается вес, а каждому узлу соответствует некоторый концепт. Одним из направлений моделирования сложных сетевых структур является создание когнитивных карт, их описание и анализ [4], [5].

Согласно наиболее часто используемому методу количественного описания когнитивных карт, импульсному методу [4], каждому узлу i приписыва-

ется некоторое исходное значение (вес) $v_i(ucx)$. Задача состоит в определении конечного значения узла $v_i(t \rightarrow \infty)$, где t интерпретируется как время или шаг итерации, или, в некоторых случаях, скорости изменение v_i во времени. Для определения $v_i(t)$ необходимо определить правило изменения веса узла, в зависимости от его начального значения, весов соединенных соседних с ним узлов и весов связей. В соответствии с импульсным методом вес каждого узла $v_i(n)$ в момент дискретного времени n ($n = 1, 2, \dots$) определяется следующим правилом:

$$\bar{v}(n+1) = \bar{v}(n) + \mathbf{W}\bar{p}(n), \quad n = 0, 1, \dots \quad (1)$$

где $\bar{v}(n)$ – вектор-столбец узлов сети когнитивной карты, \mathbf{W} – матрица смежности орграфа связей с весом. Импульсом $\bar{p}(n)$ принято называть разницу между значениями векторов-столбцов за один временной шаг. В том случае, когда матричный ряд из \mathbf{W}^k сходиться, $\bar{v}(n \rightarrow \infty)$ можно выразить через матрицу обратную к $\mathbf{1} - \mathbf{W}$, где $\mathbf{1}$ – единичная матрица

$$\bar{v}(n \rightarrow \infty) = \bar{v}(ucx) + \sum_{k=0}^n \mathbf{W}^k \bar{p}(0) = \bar{v}(ucx) + (\mathbf{1} - \mathbf{W})^{-1} \bar{p}(0). \quad (2)$$

В дальнейшем, там, где это не вызовет недоразумений, будем обозначать $\bar{v}(n \rightarrow \infty)$ как \bar{v} . При исследовании когнитивных карт задаются исходные значения $\bar{v}(ucx)$ на узлах орграфа и значения импульса в нулевой момент времени ($\bar{p}(0)$).

Необходимо отметить, что при таком подходе к анализу когнитивных карт возникает ряд проблем и противоречий. Перечислим некоторые из них:

1. Расходимость значений $\bar{v}(n)$ при $n \rightarrow \infty$, когда ряд из \mathbf{W}^k расходится.
2. Результат расчета $\bar{v}(n)$ зависит, согласно (2) от начальных значений и $\bar{p}(0)$.
3. Исходное значение $\bar{v}(ucx)$ не влияет на зависимость $\bar{v}(n)$ от n (входит в выражение для $\bar{v}(n)$ как слагаемое – константа).
4. Увеличение элементов матрицы \mathbf{W} на одну и ту же величину не только меняет величину компонент вектора $\bar{v}(n)$, но и меняет их порядок при ранжировании по весу.

Таким образом, если ряд в (2) не сходится (такой граф называют неустойчивым), то нет возможности найти $\bar{v}(n \rightarrow \infty)$ и остается только следить за изменением $\bar{v}(n)$ при росте n , причем численные значения компонент вектора $\bar{v}(n)$, как правило, быстро достигает значений, выходящих за разумные рамки. Для решения этой проблемы используются способы стабилизации неустойчивых графов, например, матрицу смежности \mathbf{W} можно нормировать

[4], вводить или удалять связи графа. Эти способы приводят к тому, что матрица смежности W когнитивной карты заменяется на некоторую другую. При этом заранее не ясно, как результаты, полученные для измененной матрицы, соотносятся с исходной задачей.

В большинстве работ, см. например, [3] указанные проблемы “не замечаются”, несмотря на то, что уже в 1974 году Ф. Робертсом был приведен наглядный пример для простейшей когнитивной карты, состоящей из двух узлов и двух связей для двух вариантов из весов, демонстрирующий всю глубину проблемы. В первом варианте веса связей были равны 2 и -2, а во втором 1/2 и -1/2. В первом варианте ряд в (2) сходится уже при $n = 10$, а во втором – расходится, достигая, при единичном начальном векторе $\vec{p}(0)$, значений порядка 10^{30} уже для сотого по времени ($n = 100$) шага. В приведенном случае при росте n , значения компонент вектора $\vec{v}(n) : v_1(n)$ и $v_2(n)$ хаотически меняют свои знаки. Совершенно ясно, что рассмотренные варианты отличаются друг от друга только выбором единиц измерения, что никак не должно влиять на конечный результат. Таким образом, по крайней мере, в ряде случаев, импульсный метод содержит принципиальные недостатки. В связи с этим актуальной является задача разработки новых методов исследования когнитивных карт. В данной работе предлагается так называемый -метод, в котором отсутствует проблема сходимости ряда из W^k .

Алгоритм К-метода

В предлагаемом методе используются, среди прочего, правила расчета электрических цепей, предложенные Г. Кирхгофом, будем называть его для краткости «К-методом».

В качестве иллюстрации метода используем когнитивную карту (рис. 1.), приведенную в [4].

Предлагаемый алгоритм состоит из двух этапов. Этап 1. Для каждой направленной пары узлов $\alpha \rightarrow \beta$ (рис. 1а) выделяется подграф $G(\alpha \rightarrow \beta)$ состоящий из всех возможных путей (с учетом направленности связей) от узла α к узлу β . Таким образом, каждой направленной паре узлов $\alpha \rightarrow \beta$ соответствует свой подграф, выделенный из графа полной когнитивной карты – \hat{W} , обозначим матрицу смежности этого подграфа (как и сам подграф) $G(\alpha \rightarrow \beta)$ – рис. 1б.

Этап 2. Вычисление направленного влияния узлов (концептов) друг на друга. Этап 2 состоит из нескольких шагов. На первом шаге подграф $G(\alpha \rightarrow \beta)$ симметризуется. Полученный граф, все связи которого являются ненаправленными, обозначается как $B(\alpha \rightarrow \beta)$. Так, например, если в $G(\alpha \rightarrow \beta)$ элементы $G_{km} \neq 0$, а $G_{mk} = 0$, то в симметризованном $B(\alpha \rightarrow \beta)$

оба элемента не равны нулю, $B_{km} \neq 0$ и $B_{mk} = 0$ и $B_{km} = B_{mk} = G_{km}$. Матрица смежности $B(\alpha \rightarrow \beta)$ задает ненаправленный весовой граф, который трактуется как сеть, в которой протекает некоторый поток, например, электрический ток. При такой аналогии, веса на связях рассматриваются как электродвижущая сила, связи как сопротивления, а значения на узлах v_i – как электрические потенциалы – φ_i – рис. 1с.

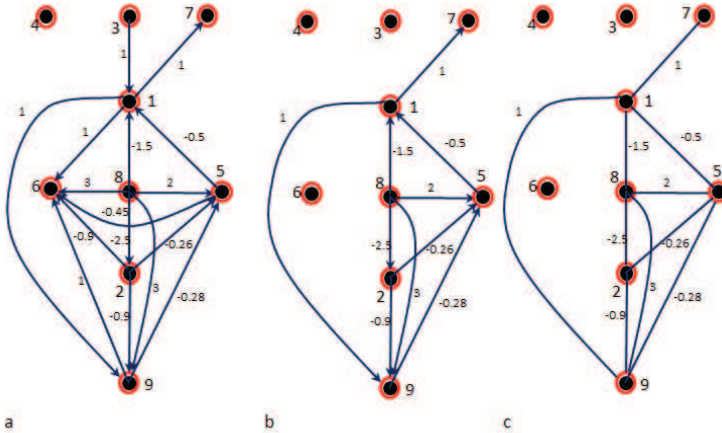


Рис. 1. Когнитивная карта

На втором шаге происходит вычисление φ_i для всех узлов, согласно правилам Кирхгофа. Для определенности можно на одном из узлов задать значение его потенциала, равное нулю. Для подграфа $B(\alpha \rightarrow \beta)$ потенциал будет отсчитываться от узла α , т.е. будет принято $\varphi_\alpha = 0$. Уравнения для определения потенциалов на всех остальных узлах сети $B(\alpha \rightarrow \beta)$, согласно правилам Кирхгофа, будут иметь вид:

$$\Omega(\alpha \rightarrow \beta)Y\Omega^T(\alpha \rightarrow \beta)\varphi(\alpha \rightarrow \beta) = -\Omega(\alpha \rightarrow \beta)YE. \tag{3}$$

Здесь $\Omega(\alpha \rightarrow \beta)$ – матрица инцидентности для подграфа $B(\alpha \rightarrow \beta)$. Это матрица составляется следующим образом. Каждой связи и узлу присваивается номер. Номер строки матрицы $\Omega(\alpha \rightarrow \beta)$ соответствует номеру связи, а номеру столбца – номеру узла. Элемент (i, j) матрицы $\Omega(\alpha \rightarrow \beta)$ ω_{ij} равен +1, если связь с номером i выходит из узла j и -1 – если входит в него. Если связь i не связана с узлом j , то $\omega_{ij} = 0$. При этом, поскольку принято $\varphi_\alpha = 0$, α -ый столбец матрицы $\Omega(\alpha \rightarrow \beta)$ вычёркивается. Матрица Y – квадратная матрица сопротивлений размера $M \times M$, где M – количество связей, причем каждый элемент данной матрицы – y_{ij} определяется как

$$y_{ij} = R_i\delta_{ij}, \tag{4}$$

где R_i – сопротивление i -той связи, а δ_{ij} – символ Кронекера.

В данной работе, все связи приняты с сопротивлениями, равными единице и таким образом $\mathbf{Y} \equiv \mathbf{1}$. В этом случае

$$\mathbf{\Omega}(\alpha \rightarrow \beta) \mathbf{Y} \mathbf{\Omega}^T(\alpha \rightarrow \beta) = \mathbf{\Omega}(\alpha \rightarrow \beta) \mathbf{\Omega}^T(\alpha \rightarrow \beta) = \mathbf{L},$$

где \mathbf{L} – матрица Лапласа, и (2) принимает следующий вид:

$$\mathbf{L} \boldsymbol{\varphi}(\alpha \rightarrow \beta) = -\mathbf{\Omega}(\alpha \rightarrow \beta) \mathbf{E}. \quad (5)$$

Вектор \mathbf{E} – вектор столбец, состоящий из M элементов, где M – количество связей и его элемент e_i .

Выбирая из исходной когнитивной карты цепь (подграф) $\mathbf{G}(\alpha \rightarrow \beta)$ и соответствующую ему цепь $\mathbf{B}(\alpha \rightarrow \beta)$ учитывается тот факт, что изучается влияние исходного узла α на узел β . По аналогии с электрической цепью должна учитываться разность значений $\varphi_\beta(\alpha \rightarrow \beta) - \varphi_\alpha(\alpha \rightarrow \beta)$. Поскольку принято, что $\varphi_\alpha(\alpha \rightarrow \beta) = 0$, то рассматривается величина $\varphi_\beta(\alpha \rightarrow \beta)$, т.е. из всего вектора $\boldsymbol{\varphi}(\alpha \rightarrow \beta)$, который задается решением уравнения (5):

$$\boldsymbol{\varphi}(\alpha \rightarrow \beta) = -\left[\mathbf{\Omega}(\alpha \rightarrow \beta) \mathbf{Y} \mathbf{\Omega}^T(\alpha \rightarrow \beta) \right]^{-1} \mathbf{\Omega}(\alpha \rightarrow \beta) \mathbf{Y} \mathbf{E}, \quad (6)$$

для дальнейшего анализа остается только одна компонента $\varphi_\beta(\alpha \rightarrow \beta)$.

При том же самом фиксированном α , задавая различные значения β и проделывая все вычисления, находим новый вектор $\boldsymbol{\Phi}_\beta(\alpha \rightarrow \beta)$, $\beta = 1, 2, \dots, N$, $\beta \neq \alpha$. Необходимо отметить, что если компоненты вектора $\boldsymbol{\varphi}(\alpha \rightarrow \beta)$ относятся к одному и тому же графу, задаваемому матрицей $\mathbf{B}(\alpha \rightarrow \beta)$ ($\varphi_1(\alpha \rightarrow \beta), \varphi_2(\alpha \rightarrow \beta), \dots, \varphi_N(\alpha \rightarrow \beta)$), то каждая компонента вектора $\boldsymbol{\Phi}(\alpha \rightarrow \beta)$ относится к своему графу $\boldsymbol{\Phi}(\alpha \rightarrow \beta)$ ($\Phi_1(\alpha \rightarrow \beta), \Phi_2(\alpha \rightarrow \beta), \dots, \Phi_N(\alpha \rightarrow \beta)$). Набор всех компонент всех векторов $\boldsymbol{\Phi}(\alpha \rightarrow \beta)$ можно записать в виде матрицы, назовем ее \mathbf{K} -матрицей. Для вычисления элемента $K_{\alpha\beta}$ матрицы \mathbf{K} , в когнитивной карте выбираются два узла α и β , выделяется подграф $\mathbf{G}(\alpha \rightarrow \beta)$ всех возможных связей из узла α в узел β , граф $\mathbf{G}(\alpha \rightarrow \beta)$ преобразуется в граф $\mathbf{B}(\alpha \rightarrow \beta)$, узлу α приписывается нулевой потенциал и согласно рассчитывается потенциал узла β , значение которого и есть элемент $K_{\alpha\beta}$. То есть каждому элементу матрицы \mathbf{K} соответствует подграф когнитивной карты.

Примеры

Для пояснения того, как работает \mathbf{K} -метод и для сравнения его с импульсным методом рассмотрим две простейшие когнитивные карты. Первая из них, обозначим ее \mathbf{Q} – рис. 2а состоит из двух концептом и одной связи, а вторая – \mathbf{S} из двух концептов и двух связей – рис. 2б.

В когнитивной карте \mathbf{Q} вес связи задающей влияние узла 1 на узел 2 равен Q_{12} , узел 2 на узел 1 не влияет – $Q_{21} = 0$. В когнитивной карте \mathbf{S} вес связи,

задающей влияние узла 1 на узел 2 равен S_{12} , а узла 2 на узел 1 – S_{21} . Вычисление матрицы K для когнитивной карты Q – тривиально, в этой матрице размерностью 2×2 все элементы, кроме одного элемента $K_{12} = Q_{12}$, равны нулю.

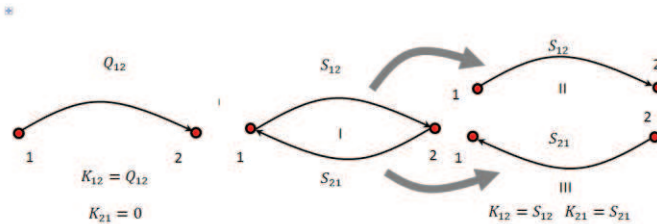


Рис. 2. Примеры простейших когнитивных карт

В случае когнитивной карты S при вычислении влияния узла 1 на узел 2 из графа S – рис. 2b-I необходимо выделить подграф рис. 2b-II, откуда сразу же следует $K_{12} = Q_{12}$. Аналогично и для вычисления влияния узла 2 на узел 1 – рис. 2b-III $K_{21} = Q_{21}$.

В [4] когнитивная карта S (рис. 2b) рассмотрена итерационным методом для нескольких случаев. В первом случае выбрано $S_{12} = S_{21} = 1/2$, что, если принять $v_i(исх) = 0$ и $P(0) = 1$, дает $v_1 = v_2 = 2$. В K -методе при $S_{12} = S_{21} = 1/2$, влияние узла 1 на 2 и 2 на 1 равны $K_{12} = K_{21} = 1/2$. Второй случай отличался от первого только тем, что обе величины S_{12} и S_{21} увеличены в 4 раза $S_{12} = S_{21} = 2$. Такой расчет показывает, что при этом влияние узлов друг на друга увеличивается в столько же раз - $v_1 = v_2 = 8$, $K_{12} = K_{21} = 2$, т.е. оба метода – импульсный и K -метод, согласуются друг с другом.

Следующие два случая, рассмотренные в [4] относятся к ситуации, когда веса имеют разный знак, например $S_{12} = -1/2$ и $S_{21} = 1/2$. В этом случае K -метод дает $K_{12} = -1/2$ и $K_{21} = 1/2$, т.е. влияние узлов одинаково по модулям, и противоположно по знаку, что соответствует качественным соображениям. Импульсный метод при $S_{12} = -S_{21} = 1/2$, так же дает разные знаки v_1 и v_2 , хотя их модули разные - $v_1 = 0.8$, $v_2 = 0.4$, что при симметрии задачи представляется странным.

Наиболее резкое различие между K -методом и импульсным наблюдается, если веса связей в предыдущем примере увеличить в 4 раза то есть выбрать $S_{12} = -S_{21} = 2$. При таком выборе ряд в (4) расходится, и в импульсном методе уже при $n = 100$ величины $|v_1|$ и $|v_2|$ достигают значений порядка 10^{30} . K -метод при увеличении S_{ik} в 4 раза приводит к значениям K_{ik} в 4 раза боль-

шим. Заметим, что в импульсном методе отношение $v_1(n)/v_2(n)$ остается конечным при росте n и является периодической функцией с периодом $n = 2$, принимающей последовательно значения $3, -1/3, 3, \dots$

Выводы

Предложенный алгоритм ранжирования связей в когнитивных картах позволяет разрешить проблемы и противоречия, проявляемые анализе с помощью общепринятого импульсного метода, а именно:

1. Позволяет рассчитывать соответствующие весовые значения, в том случае, когда ряд из W^k расходится.
2. Результат расчета весовых значений зависит не только от начальных значений и $\vec{p}(0)$, но и от топологии исходной когнитивной карты. Исходное значение $\vec{v}(исх)$ оказывает влияние на зависимость $\vec{v}(n)$ от n .
3. Увеличение элементов матрицы W на одну и ту же величину не меняет порядок связей при ранжировании по весу.

Литература

1. *Боргест Н.М.* Научный базис онтологии проектирования // Онтология проектирования. – 2013. №1(7). – С. 7-25.
2. *Ландэ Д.В., Снарский А.А.* Подход к созданию терминологических онтологий // Онтология проектирования, 2014. № – 2(12). – С. 83-91.
3. *Шульц В.Л., Кульба В.В., Шелков А.Б., Чернов И.В.* Структурно-динамический подход к сценарному анализу процессов информационного противоборства в Арктике // Труды XII Всерос. совещания по проблемам упр. – М.: ИПУ РАН, 2014. – С. 8889-8901.
4. *Робертс Ф.С.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам / – М: Наука, 1986. – 496 с.
5. *Кузнецов О.П.* Когнитивное моделирование слабо структурированных ситуаций // Пospelовские чтения «Искусственный интеллект – проблемы и перспективы». – М.: Политехнический музей, 2006. – С. 86-100.

Министерство образования и науки Украины
Российская ассоциация искусственного интеллекта
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Национальный технический университет Украины «КПИ»
Факультет прикладной математики
УНК «Институт прикладного системного анализа»
Издательство «Просвіта»

***Международная научная конференция
имени Т. А. Таран***

Интеллектуальный анализ информации

ИАИ-2016

Киев, 18 – 20 мая 2016 г.

Сборник трудов

Рекомендовано Ученым советом
факультета прикладной математики

**Київ
«Просвіта»
2016**

УДК 004.8/.9+001.102](06)

ББК 32.973я43+73я43

I-73

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. Валькман Ю.Р., д.т.н., проф. Голенков В.В., д.т.н., проф. Дичка И.А., д.ф.-м.н., проф. Жиликова Л.Ю., д.т.н., проф., академик НАНУ Згуровский М.З., д.ф.-м.н., проф. Ивохин Е.В., д.т.н., проф. Кондраченко Ю.П., к.ф.-м.н., проф. Крейнович В., д.т.н., проф. Кузнецов О.П., д.т.н., проф. Кулаков Ю.А., д.т.н., проф. Литвинов В.В., д.т.н., проф. Смородин В.С., д.т.н., проф. Стефанюк В.Л., д.т.н., проф. Чертов О.Р.

Главный редактор к.т.н., доц. Сирота С.В.

Ответственный редактор Темникова Е.Л.

Ответственный за выпуск Копычко С.Н.

Рекомендовано Ученым советом факультета прикладной математики НТУУ «КПИ»,
протокол №12 от 31 мая 2016 г.

«Интеллектуальный анализ информации», междунар. науч. конф.
им. Т.А.Таран (16 ; 2016 ; Киев).

I-73 Международная научная конференция имени Т.А. Таран
«Интеллектуальный анализ информации» ИАИ-2016, Киев, 18–20 мая
2016 г. : сб. тр. – К. : Просвіта, 2016. – 296 с. : ил.

ISBN 978–617–7010–11–0

В сборнике опубликованы доклады, представленные на конференции по следующим направлениям: сетевые и многоагентные модели, знания и рассуждения, онтологический инжиниринг, анализ данных, мягкие вычисления, обработка естественного языка и речи, социальные проблемы и образование.

УДК 004.8/.9+001.102](06)

ББК 32.973я43+73я43

Використання матеріалів збірки можливе
за умови обов'язкового посилання.

Использование материалов сборника
возможно при условии обязательной
ссылки.

ISBN 978–617–7010–11–0

© ФПМ НТУУ «КПИ», 2016

| | |
|--|-----|
| Пригожев А.С. Анализ данных при тестировании программного обеспечения..... | 174 |
| Путренко В.В. Інтелектуальний аналіз земного покриття України на основі геопросторових даних | 179 |
| Рогошина Ю.В. Использование семантических Wiki-ресурсов как источник онтологических знаний | 185 |
| Савенко О.С., Лысенко С. Н., Бобровникова К.Ю. Применение кластерного анализа для решения задачи обнаружения бот-сетей на основе анализа DNS-трафика..... | 193 |
| Святогор Л.А. Коммуникативные возможности естественного языка и роль Смысла | 200 |
| Сирота С.В., Лискин В.О. Онтологический инжиниринг систем компьютерного обучения на примере дисциплин учебного плана подготовки бакалавров по специальности Прикладная математика.... | 208 |
| Смирнов С.А., Медведенко В.І. Задача патрулирования для робота-охранца | 214 |
| Сморозин В. С., Сукач Е. И. Об одной вычислительной модели семантической сети системы управления технологическими процессами производства с элементами потенциальной опасности | 221 |
| Снарский А.А., Зоринец Д.И., Ландэ Д.В., Левченко А.Ю. Метод расчета парных связей в когнитивных картах | 232 |
| Соловйов С.О., Дедюк С.О. Моделі прийняття рішень в діагностиці вірусних захворювань людини | 239 |
| Соловйов С.О., Копичко С.М., Борисенко П.Б. Аналіз різних сценаріїв реалізації стратегії замісної підтримуючої терапії в Україні | 244 |
| Степанов Д.С. Огляд проблеми побудови сильного штучного інтелекту | 251 |
| Сторож В.В. Моделирование работы мозга | 256 |
| Сулема О. К. Побудова ієрархій в зважених квазіієрархічних мережах | 263 |

НТУУ «КПІ» Факультет прикладної математики

**Збірка праць
XVI міжнародної наукової конференції
імені Тетяни Архипівни Таран
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЇ
IAI-2016**

наукове видання

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

д.т.н., проф. Валькман Ю.Р.,
д.т.н., проф. Голенков 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.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.,
д.т.н., проф. Смородин В.С.,
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.



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.

Підписано до друку з оригінал-макета 25.05.2016. Формат 60x84 1/16. Гарнітура
таймс. Спосіб друку – ризогр. Ум. друк. арк. 16,51 Обл.-вид. арк.12,8 Наклад 250 пр.
(перший завод 80 пр.)

Віддруковано НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка»

Свідоцтво ДК 1665 від 28.01.2004 р.

03056, Київ вул. Політехнічна, 14 корп. 15 тел (044) 406-81-78

Зам. №