

УДК 519.7:004.8

ОТНОШЕНИЯ КОМПЛЕМЕНТАРНОСТИ И СООТВЕТСТВИЯ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Цветков Виктор Яковлевич,

*д-р техн. наук, профессор, заместитель руководителя
центра стратегического анализа и развития,*

e-mail: cvj2@mail.ru,

*Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации,
автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС), г. Москва*

В статье исследуются два важных фактора информационных систем и моделей: комплементарность и информационное соответствие. Комплементарность может присутствовать в процессах обработки информации и системах принятия решений. Логическая комплементарность может применяться в логических схемах и алгоритмах. Наличие комплементарности говорит о качестве системы и ее сбалансированности. Информационное соответствие позволяет производить сравнительную оценку состояния исследуемых объектов, оценивать возможность решения задач до начала их решения. В статье систематизируются виды комплементарности и информационного соответствия. Показан пример уравнений линейной комплементарности, которые используются для решения задач оптимизации. Аналогом является симплекс метод, который применим только для кусочно-линейных функций. Метод линейной комплементарности применим для более сложных функций. Комплементарность позволяет проверять различные процессы на истинность и непротиворечивость. Многие методы верификации программ используют свойство комплементарности неявно. В статье приводятся три связанных комплементарных понятия: функциональное соответствие, функциональное дополнение, функциональная согласованность. Эти три понятия описывают общую сущность, но позволяют отдельно ее анализировать. Также рассматривается сходство и различие между информационным соответствием и комплементарностью применительно к формальному описанию состояния исследуемых объектов.

Ключевые слова: системный анализ, искусственный интеллект, обработка информации, комплементарность, соответствие, информационное соответствие

COMPLEMENTARITY AND COMPLIANCE RELATIONSHIP IN INFORMATION SYSTEMS

Tsvetkov V.Y.,

*Professor, Doctor of Technical Sciences,
Center for strategic analysis and development, the deputy head,*

e-mail: cvj2@mail.ru,

*Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport,
Moscow*

The article explores two important factors of information systems and models: complementarity and informational correspondence. Complementarity may be present in information processing and decision-making systems. Logical complementarity may be present in the logic circuits and algorithms of complementarity improves the quality of the system and its balance. Informational compliance allows you to make a comparative assessment and evaluate the ability to solve problems before starting from a solution. The article systematizes the types of complementarity and informational conformity. An example of linear complementarity equations that are used to solve optimization problems is shown. An analogue is the simplex method, which is applicable only for piecewise linear functions. The linear complementarity method is applicable for more complex functions. Complementarity allows checking various processes for truth and non-contradiction. Program verification methods use the complementarity property implicitly. The article introduces three related complementary concepts: functional

consistency, functional complement, functional consistency. These three concepts describe a common entity, but allow you to analyze it separately. The article shows the similarities and differences between informational correspondence and complementarity.

Keywords: system analysis, artificial intelligence, information processing, complementarity, compliance, informational compliance

DOI 10.21777/2500-2112-2018-4-66-74

Введение

Комплементарность и информационное соответствие являются отношениями. Однако комплементарность имеет множество видов отношений, что отражается в его толковании: согласование, дополнение, взаимность. Информационное соответствие чаще всего выражается отношением эквивалентности [5], но также имеет разновидности [2]: соответствие по параметрам, процессам, ресурсам, моделям, методам и т.д. Оба отношения относятся к информационным и часто встречаются в информационном поле. Понятие комплементарность трактуется разнообразно, что обусловлено различными видами комплементарности, выражаемой разными отношениями. Словарь «Академика» [18] содержит 20 определений, которые в большинстве представляют собой близкие интерпретации, связанные с терминами: «дополнительность» (20), взаимодополняемость (3), сопряженность (1), комплементарность (2). В отличие от такой упрощенной интерпретации зарубежные словари дают расширенную трактовку этого понятия, которая включает несколько терминов. Дополнительно к основному термину дается расширение понятия в виде нескольких предложений. Например, Оксфордский словарь [19] дает следующую трактовку: «отношение или *ситуация* взаимодополняемости, в которой две или более разные вещи улучшают или подчеркивают качества друг друга». Мериам-Вебстер [20] дает такое пояснение: «1) *качество или состояние* взаимодополняемости; 2) *взаимодополняющее соотношение теорий*, объясняющих природу света или другого квантованного излучения, как по электромагнитным волнам, так и по частицам». В словаре делового английского языка отмечается, что принцип комплементарности как принцип дополнительности в физике означает наличие у объектов дополнительных свойств, которые не могут быть измерены одновременно. Это устанавливает связь комплементарности с эмерджентностью [6], хотя не всегда комплементарность создает эмерджентность. В целом следует констатировать важное опосредованное свойство, которое создает комплементарность. Она создает согласованность, упорядоченность, системность и взаимность и является оппозиционной характеристикой хаоса и неопределенности. Такое свойство обуславливает применение комплементарности как инструмента оптимизации [8]. Понятие и оценку комплементарности применяют в образовании, биологии [15], медицине [13], химии. Комплементарный подход применяют при оценке рынка [17] и в инвестиционной деятельности [1]. В области информационных технологий данный подход применяется редко. Это дает основание провести исследование понятий комплементарности и информационного соответствия применительно к информационным системам и моделям.

Информационное соответствие как традукция

Информационное соответствие можно сравнить с традукцией (трандукция). Тем более, что традукция означает аналогию. Различие в том, что традукция означает умозаключение, а информационное соответствие означает отношение. Традукция (лат. *traductio* – перемещение) – вид опосредованного умозаключения, в котором посылки и вывод являются суждениями одинаковой степени общности. Традуктивным умозаключением является аналогия. По характеру посылок и вывода традукция может быть трех видов (рисунок 1): заключение от единичного к единичному, заключение от частного к частному, заключение от общего к общему.

На рисунке 1 эпистеме означает истинное знание, докса означает правдоподобное знание. Для дедукции при входе эпистеме выходом является эпистеме. Для индукции, абдукции, традукции при входе эпистеме выходом является докса.

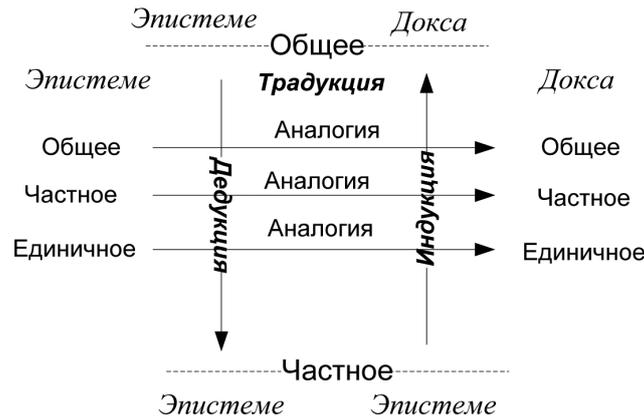


Рисунок 1 – Отношение дедукции, индукции и трандукции

В 1990-х годах Владимиром Вапником было введено понятие «трандукция» при решении задач машинного обучения. Это введение было, мотивировано тем, что, по его мнению, трандукция предпочтительнее индукции, поскольку индукция требует решения более общей задачи (восстановления функции) перед решением задачи более конкретной (вычисление результатов для новых объектов). Его мнение состояло в том, что при решении интересующей задачи не надо решать более общую задачу на промежуточном шаге.

Трандукция решает частную проблему. На рисунке 2 показано информационное соответствие как аналог трандукции.

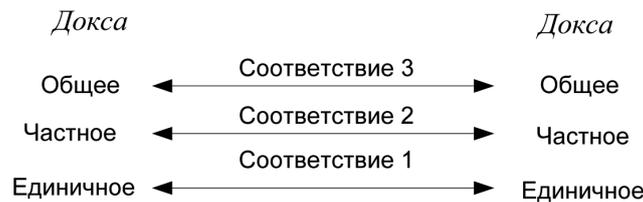


Рисунок 2 – Виды информационного соответствия

На рисунке 2 виды информационного соответствия следующие:

- 1) информационное соответствие о сходстве двух объектов по одному признаку (соответствие 1);
- 2) информационное соответствие о сходстве двух объектов по ряду признаков (соответствие 2);
- 3) информационное соответствие о сходстве объектов по всем признакам (соответствие 3);

Комплементарность как состояние

Существуют разные математические модели комплементарности. Общая комплементарная система имеет вид двух уравнений (1) (2) и двух условий (3), (4).

$$\frac{dx}{dt}(t) = f(x(t), u(t)); \tag{1}$$

$$y(t) = h(x(t), u(t)). \tag{2}$$

В выражениях (1), (2) приняты следующие обозначения: $x(t)$ – n -мерная переменная состояния, $u(t) \in R^k$ – входной вектор, $y(t) \in R^k$ – выходной вектор. Выражение (1) означает, что изменение состояния определяется суперпозицией текущего состояния и входного вектора. Выражение (2) означает, что выходной вектор определяется другой суперпозицией текущего состояния и входного вектора. К описаниям (1), (2) следует добавить условие стандартного отношения комплементарности, которое выглядит как скалярное произведение

$$\langle u|y \rangle = 0 \quad (3)$$

при

$$0 \leq y(t) \wedge u(t) \geq 0 = 1. \quad (4)$$

Выражение (3) означает скалярное произведение между входным и выходным векторами. Выражение (4) означает конъюнкцию и определяет вектора как положительно определенные величины. В приведенном отношении подразумевается выбор «активного набора индексов» [12] $\alpha(t) \subset \{1, \dots, k\}$, который таков, что $y_i(t) = 0$ для $i \in \alpha(t)$ и $u_i(t) = 0$ для $i \notin \alpha(t)$. Говорят, что любой такой набор индексов представляет фиксированный режим.

В фиксированном режиме система ведет себя как динамическая система, описываемая дифференциальным уравнением (1) и алгебраическими уравнением (2) вместе с равенствами (3) и (4), которые следуют из выбора активного индекса, заданного в (1). «Смена режима» происходит, когда продолжение в данном режиме нарушает ограничения неотрицательности, связанные с этим режимом. Примеры вопросов, которые возникают в рамках «многомодового» мышления, следующие:

- 1) существует ли единственное решение в каждом режиме;
- 2) когда должно произойти изменение режима, всегда ли возможно переключиться на новый режим, который имеет текущее состояние в качестве отправной точки и который допускает действительное развитие на некотором временном интервале;
- 3) если ответ на предыдущий вопрос отрицательный, возможно ли сформулировать соответствующее правило перехода для переменной состояния.

Системы, описываемые выражениями (1–4), называют комплементарными. Особый интерес вызывает ситуация, когда уравнения (1) и (2) линеаризованы:

$$\frac{dx}{dt}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad (5)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t). \quad (6)$$

В выражениях (5), (6) обозначения A, B, C и D – линейные отображения. Дополнительно имеют место те же условия (3) и (4), т.е.

$$\langle u|y \rangle = 0, \\ (0 \leq y(t) \wedge u(t) \geq 0) = 0.$$

Система выражений (5), (6), (3), (4) называется линейной комплементарной системой [13].

Уравнения (1) и (2) можно перевести в эквивалентную форму вида

$$\frac{dx}{dt}(t) = f(x(t), u(t), v(t)), \quad (7)$$

$$y(t) = h(x(t), u(t), v(t)). \quad (8)$$

В выражениях (7), (8) $v(t)$ обозначает вспомогательный терм, который не меняет уравнение (1) и (2).

В системе линейной комплементарности вспомогательный терм также входит линейно, так что система (5–6) заменяется на систему вида

$$\frac{dx}{dt}(t) = Ax(t) + Bu(t) + Ev(t), \quad (9)$$

$$y(t) = C(x(t) + D u(t) + Fv(t)). \quad (10)$$

В выражениях (9), (10) обозначения A, B, C, D, E и F – линейные отображения.

Полезное обобщение (1) получается, когда отношение комплементарности (3, 4) заменяется соотношением

$$(y(t) \in G) \wedge (u(t) \in G^*) = 0, \quad (11)$$

где G – конус в R^k ;

G^* – дуальный конус, определенный как

$G^* = \{u \mid \langle u, y \rangle \geq 0 \text{ для всех } y \in G\}$.

В частности, этот формат позволяет включить ограничения как равенства, так и неравенства.

В развитии этой идеи J.S. Pang and D.E. Stewart [10] предложили понятие дифференциального вариационного неравенства (DVI– Differential variational inequalities), основанное на условиях вида

$$\frac{dx}{dt}(t) = f(x(t), u(t)); \quad (12)$$

$$u(t) \in SOL(K, F(x(t))), \quad (13)$$

В выражении (13) $SOL(K, F)$ – есть решение вариационного неравенства

$$[u' - u, F(u)] \geq 0, u' \in K,$$

в котором K – непустое замкнутое выпуклое множество. Если, в частности, K является выпуклым конусом, то DVI становится системой комплементарности конусов.

Информационное соответствие и комплементарность как отношение

Понятие «комплементарность» близко понятию «информационное соответствие», но это разные сущности. Используя системное описание, можно формально описать любой объект как систему (SYS) с выделением главных показателей. Применительно к задаче исследования комплементарности и информационного соответствия получим следующее описание:

$$SYS = \langle F, Str, E, C, G, int, out, Seq, D \rangle. \quad (14)$$

В выражении (14) введены следующие основные параметры: F – множество функций системы; Str – структура системы; E – множество элементов в системе; C – множество связей; G – множество целей; int/ out – множество входов/выходов системы; Seq – последовательность действий системы; D – типы данных, используемых системой.

Наличие входов и выходов системы связывает ее с внешней средой и позволяет моделировать информационное и физическое взаимодействие системы со средой. В выражении (14) можно выделить системные признаки: структурность Str , функциональность F , связанность C , целеопределенность G . Комплементарность может обозначать согласованность по некоторым показателям применительно к решаемой задаче. Комплементарность между системами может быть по функции, цели, входам/выходам, семантическому содержанию, последовательности действий, данным. Информационное соответствие между системами может быть по структуре [3], семантическому содержанию, формальному описанию, последовательности действий, данным. Параметр F задает комплементарность, которая включает три вида комплементарности: функциональное соответствие (*functional conformity*), функциональное дополнение (*functional complement*), функциональная согласованность (*functional consistency*).

Для систем обработки информации может существовать комплементарность по первичным и вторичным данным [9,11]. Если существует система A с набором данных DA и система B с набором данных DB , то комплементарность по данным в терминах теории множеств означает

$$B\Phi \subset BИ \text{ или } B\Phi \supset BИ. \quad (15)$$

Выражение (15) показывает, что данные одной системы можно использовать для другой системы, но не наоборот. Информационное соответствие по данным означает $DA = DB$, то есть полную взаимозаменяемость данных.

Существуют разные виды комплементарности и соответствия, которые можно выражать разными отношениями. Например, подобие означает комплементарность, равенство означает соответствие. Измерение периметра участка можно проводить по-разному, но между результатами будет информационное соответствие. Площадь треугольника можно вычислять по длинам его сторон или по высоте и основанию. Между методами вычисления площади треугольника будет существовать комплементарность по цели, между результатами вычисления будет существовать информационное соответствие.

Для операций коммутативности

$$(a+b)=(b+a), \forall a, b \in A$$

и ассоциативности

$$(a+b)+c=a+(b+c), \forall a, b \in A$$

существует информационное соответствие.

Для операций дистрибутивности

$$x f(a+b)=x f(b)+x f(c), \forall a, b, c \in A,$$

$$P_1=x f(a+b), P_2=x f(a)+x f(c), Q=f(a+b).$$

Существует информационное соответствие между P_1 , P_2 и комплементарность между Q и P_1 .

Информационное соответствие и комплементарность близки понятию отношение, поскольку характеризуют отношение между сущностями A и B . Поэтому при описании этих понятий можно использовать отношения. Информационное соответствие может выражать отношение эквивалентности между параметрами процессов, моделей или систем. Отношение принадлежности более широкое условие и отражает комплементарность.

Информационное соответствие и комплементарность как ситуации

Информационное соответствие и комплементарность могут относиться к информационным ситуациям. Информационная ситуация [4, 14] может быть рассмотрена как неоднородная система с сильными и слабыми связями. Она имеет ядро в виде основного объекта исследования или управления. Сильные связи существуют внутри объекта, слабые связи существуют между объектом и параметрами ситуации как внешней среды, которая может включать другие (вспомогательные) объекты.

Информационное соответствие и комплементарность не существуют сами по себе. Они всегда связаны с параметрами системы или объекта, поэтому всегда рассматриваются либо между парой, либо между большим числом объектов.

Информационное соответствие и комплементарность близки понятию состояние, поскольку характеризуют состояние, в котором находятся сущности A и B . Информационное соответствие как состояние характеризует ситуацию, при которой данное состояние сущностей принадлежит области допустимых состояний или области недопустимых состояний. В этом случае можно также говорить о комплементарности по состоянию или о комплементарном состоянии.

Можно ввести понятие информационного соответствия как связанного с понятием комплементарности. Можно дать ему следующее определение. Информационным соответствием между параметрами множеств или систем является отношение эквивалентности между ними или отношение эквивалентности между их параметрами.

Информационное соответствие создает возможность качественной оценки возможности решения задач, не прибегая к их решению. Например, проблемой разрешения называют проблему: существует ли алгоритм, позволяющий для произвольной логической формулы в конечном числе шагов выяснить, является ли она тождественно истинной (или тождественно ложной)? Существует критерий тождественной истинности формулы, который состоит в следующем: для того чтобы формула алгебры высказываний была тождественно истинной, необходимо и достаточно, чтобы в равносильной ей конъюнктивной нормальной форме (КНФ) были тождественно истинны все элементарные дизъюнкции. Это пример информационного соответствия.

Комплементарным понятию «информационное соответствие» является понятие «информационная симметрия». Синонимы часто отражают комплементарность. Понятие «информационная симметрия» как отношение характеризует отношение эквивалентности и является частным случаем информационного соответствия. Информационное соответствие и комплементарность могут возникать в информационных отношениях.

Рассмотрим примеры информационных отношений в разных информационных ситуациях. Рассмотрим ситуацию взаимодействия объектов. Пусть $O_{i,j}$ – отношение между i -ым и j -ым объектами в ситуации. Оно характеризуется следующими вариантами ситуаций

$$O_i(P) \rightarrow O_j(P). \quad (16)$$

Выражение (16) означает, что объект O_i имеет информационное преимущество перед объектом O_j по характеристике, фактору или параметру P . Противоположная ситуация описывается выражением (17)

$$O_j(Q) \rightarrow O_i(Q). \quad (17)$$

Выражение (17) означает, что объект O_j имеет информационное преимущество перед объектом O_i по характеристике, фактору или параметру Q . Следует отметить, что ситуации (16) и (17) не взаимно исключаемы. Они могут существовать одновременно, либо может существовать одна из них. Ситуации (16) и (17) описывают информационную асимметрию. Ситуация информационного соответствия описывается выражением (18)

$$O_i(h,d,u) \leftrightarrow O_j(h,d,u). \quad (18)$$

Выражение (18) означает, что объект O_i находится в информационном соответствии с объектом O_j по характеристикам, факторам или параметрам (h,d,u) . Ситуация комплементарности описывается выражением (19)

$$Q_A \subset Q_B. \quad (19)$$

Выражение (19) означает, что параметры Q_B объекта B комплементарны параметрам Q_A объекта A . Это дает основание использовать комплементарные параметры объекта B при решении задач с помощью объекта A или функционального использования объекта A .

Ситуация комплементарности как дополнения описывается следующим выражением

$$F_A + F_B = F_C \rightarrow G_C. \quad (20)$$

Выражение (20) означает, что функциональные возможности F_B объекта B в совокупности с функциональными возможностями F_A объекта A комплементарны и эта комплементарность соответствует функциональным возможностям F_C объекта C . Это дает основание использовать функциональные возможности объектов B и A для достижения цели G_C , поставленной перед объектом C .

Заключение

Рассмотренные отношения комплементарности и информационного соответствия могут применяться для построения логического ввода в системах искусственного интеллекта. Приведенный математический аппарат дает возможность оценивать степень комплементарности и информационного соответствия рассматриваемых объектов. Применение подхода комплементарности и информационного соответствия в алгоритмических моделях системы позволит повысить эффективность информационных процессов и управления объектами. Из выше изложенного следует, что после построения любой модели системы необходимо оценить ее на основе показателей информационного соответствия и комплементарности с целью повышения количественных и качественных характеристик.

Список литературы

1. Богутдинов Б.Б., Цветков В.Я. Применение модели комплементарных ресурсов в инвестиционной деятельности // Вестник Мордовского университета. – 2014. – Т. 24. – №4. – С. 103–116.
2. Номоконова О.Ю. Виды информационных соответствий // Славянский форум. – 2018. – №2(20). – С. 44–49.
3. Огнева Е.А. Структурное соответствие/несоответствие концептов оригинала и перевода // Социокультурные проблемы перевода: сб. науч. тр. – 2006. – №2. – Ч. 4. – С. 2.
4. Потанов А.С. Информационная ситуация и информационная позиция в информационном поле // Славянский форум. – 2017. – №1(15). – С. 283–289.
5. Цветков В.Я. Информационное соответствие // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – №1-3. – С. 454–455.
6. Цветков В.Я. Эмерджентизм // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 2-1. – С. 137–138.
7. Цветков В.Я. Решение проблем с использованием системного анализа // Перспективы науки и образования. – 2015. – №1. – С. 50–55.

8. *Cottle R.W.* Linear complementarity problem // Encyclopedia of Optimization. – Springer, US, 2009. – P. 1873–1878.
9. *Chang K.H.* Complementarity in data mining: thesis. – University of California, Los Angeles, 2015.
10. *J.S. Pang and D.E. Stewart.* Differential variational inequalities. Mathematical Programming. Series A. – 2008. – №113. – P. 345–424.
11. *McKenzie J.* Assessment of the complementarity of data from multiple analytical techniques. – University of York, 2013.
12. *Schumacher J.M.* Complementarity systems in optimization // Mathematical Programming. – 2004. – V. 101. – №. 1. – P. 263–295.
13. *Tom Xu K., Farrell T.W.* The complementarity and substitution between unconventional and mainstream medicine among racial and ethnic groups in the United States //Health services research. – 2007. – V. 42. – № 2. – P. 811–826.
14. *Tsvetkov V.Ya.* Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. – 2012. – Vol. (36). – № 12-1. – P. 2166–2170.
15. *Vallurupalli P., Kay L.E.* Complementarity of ensemble and single-molecule measures of protein motion: a relaxation dispersion NMR study of an enzyme complex // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2006. – V. 103. – №. 32. – P. 11910–11915.
16. *W.P.M.H. Heemels, J.M. Schumacher, and S. Weiland.* Linear complementarity systems. SIAM Journal on Applied Mathematics. – № 60(4). – P. 1234–1269.
17. *Xian W., Yuzeng L., Shaohua Z.* Oligopolistic equilibrium analysis for electricity markets: a nonlinear complementarity approach //IEEE Transactions on Power Systems. – 2004. – V. 19. – № 3. – P. 1348–1355.
18. URL: <https://translate.academic.ru/complementarity/en/ru/> (дата обращения: 11.11.2018).
19. URL: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/complementarity> (дата обращения: 11.11.2018).
20. URL: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/complementarity> (дата обращения: 11.11.2018).

References

1. *Bogutdinov B.B., Tsvetkov V.Ja.* Primenenie modeli komplementarnyh resursov v investitsionnoj dejatel'nosti // Vestnik Mordovskogo universiteta. – 2014. – T. 24. – №4. – С. 103–116.
2. *Nomokonova O.Ju.* Vidy informatsionnyh sootvetstvij // Slavjanskij forum. –2018. – №2(20). – S. 44–49.
3. *Ogneva E.A.* Strukturnoe sootvetstvie/nesootvetstvie kontseptov originala i perevoda // Sotsiokul'turnye problemy perevoda: sb. nauch. tr. – 2006. – №2. – Ch. 4. – С. 2.
4. *Potapov A.S.* Informatsionnaja situatsija i informatsionnaja pozitsija v informatsionnom pole // Slavjanskij forum. – 2017. – №1(15). – S. 283–289.
5. *Tsvetkov V.Ja.* Informatsionnoe sootvetstvie // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2016. – №1-3. – S. 454–455.
6. *Tsvetkov V.Ja.* `Emerdzhentizm // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2017. – № 2-1. – S. 137–138.
7. *Tsvetkov V.Ja.* Reshenie problem s ispol'zovaniem sistemnogo analiza // Perspektivy nauki i obrazovanija. – 2015. – №1. – С. 50–55.
8. *Cottle R.W.* Linear complementarity problem // Encyclopedia of Optimization. – Springer, US, 2009. – P. 1873–1878.
9. *Chang K.H.* Complementarity in data mining: thesis. – University of California, Los Angeles, 2015.
10. *J.S. Pang and D.E. Stewart.* Differential variational inequalities. Mathematical Programming. Series A. – 2008. – №113. – R. 345–424.
11. *McKenzie J.* Assessment of the complementarity of data from multiple analytical techniques. – University of York, 2013.
12. *Schumacher J.M.* Complementarity systems in optimization // Mathematical Programming. – 2004. – V. 101. – №. 1. – P. 263–295.
13. *Tom Xu K., Farrell T.W.* The complementarity and substitution between unconventional and mainstream medicine among racial and ethnic groups in the United States //Health services research. – 2007. – V. 42. – № 2. – P. 811–826.

14. *Tsvetkov V.Ya.* Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. – 2012. – Vol. (36). – №12-1. – P. 2166–2170.
15. *Vallurupalli P., Kay L.E.* Complementarity of ensemble and single-molecule measures of protein motion: a relaxation dispersion NMR study of an enzyme complex // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2006. – V. 103. – №. 32. – P. 11910–11915.
16. *W.P.M.H. Heemels, J.M. Schumacher, and S. Weiland.* Linear complementarity systems. SIAM Journal on Applied Mathematics. – № 60(4). – P. 1234–1269.
17. *Xian W., Yuzeng L., Shaohua Z.* Oligopolistic equilibrium analysis for electricity markets: a nonlinear complementarity approach //IEEE Transactions on Power Systems. – 2004. – V. 19. – № 3. – P. 1348–1355.
18. URL: <https://translate.academic.ru/complementarity/en/ru/> (data obraschenija: 11.11.2018).
19. URL: <https://en.oxforddictionaries.com/definition/complementarity> (data obraschenija: 11.11.2018).
20. URL: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/complementarity> (data obraschenija: 11.11.2018).