УДК 004.62

С.В. Разумников

Некомпенсаторное агрегирование и рейтингование провайдеров облачных услуг

По мере расширения тенденции к переносу приложений и задач в облака производители придают все большее значение партнерским отношениям с провайдерами облачных сервисов. При выборе поставщика облачных услуг заказчики часто сравнивают различные параметры площадок, на базе которых разворачивается облако. В статье предлагается модель выбора провайдеров облачных услуг на основе применения метода порогового агрегирования, который используется в задачах многокритериального оценивания. Основной характеристикой предложенного метода является его некомпенсаторный характер. Он заключается в невозможности компенсировать низкое значение используемого критерия высокими значениями других критериев. На основе предложенной модели строится рейтинг, отражающий сравнительную значимость различных провайдеров облачных услуг для предприятия.

Ключевые слова: облачные технологии, модель, провайдер, сервис, выбор, некомпенсаторность, рейтинг, метод порогового агрегирования.

doi: 10.21293/1818-0442-2018-21-4-63-69

В ситуации перехода к цифровой экономике облако уже стало базовым требованием к трансформирующейся инфраструктуре. Главный фактор успеха в цифровых бизнес-моделях – быстрая реакция на изменения, и именно облачные ресурсы обеспечивают здесь бизнесу необходимый уровень гибкости и масштабирования. Спрос на облачные сервисы в России продолжает расти более чем на 25% в год, а в сегменте IaaS – более чем на 35–40%, по оценкам TAdviser [1]. В условиях сохраняющегося профицита мощностей конкуренция на рынке коммерческих дата-центров выстраивается за счет высоких показателей отказоустойчивости, безопасности и управляемости.

При принятии решения о внедрении облачных технологий на предприятии после выбора облачного сервиса необходимо разобраться, услугами какого провайдера лучше пользоваться. Для выбора такого поставщика важно его оценить, учитывая определенные параметры. При проведении оценки изучаются документы, соглашения, договоры. В анализе должны принимать участие коллектив предприятия и эксперты, которые будут представлять собой команду облачной стратегии [2–4].

Часто на практике мнение участников коллектива и экспертов выражается при помощи различных шкал оценок, которые проставляются каждым участником этого коллектива, например: «отлично», «средне», «плохо», «1, 2, 3, 4, 5» и т.д. Задача некомпенсаторного агрегирования заключается в том, чтобы корректно представить коллективное мнение из полученных наборов индивидуальных оценок. Усреднение наборов оценок не всегда возможно использовать, так как это может привести к неадекватному результату, т.е. когда низкие оценки одного эксперта могут быть компенсированы хорошими или средними оценками других экспертов [5]. В случае такого важного выбора, как провайдер облачных услуг, такое компенсирование невозможно. Поэтому оценка провайдеров облачных услуг без учета компенсаций является современной актуальной задачей.

Целью работы является разработка модели выбора провайдера облачных услуг некомпенсаторным методом порогового агрегирования. Использование данного метода не позволит компенсировать низкие оценки участников коллектива никакими самыми высокими оценками по другим критериям. Этот метод хорошо описан в работах [5–8] для разных градационных предпочтений.

Критерии отбора провайдеров облачных услуг

После выбора необходимого облачного сервиса необходимо разобраться, услугами какого провайдера лучше пользоваться. Существуют десятки компаний, которые оказывают данные услуги. В [9] описано, по каким критериям необходимо сравнивать облачных сервис-провайдеров, а также на что в первую очередь необходимо обратить внимание. На основе значений этих критериев можно построить рейтинг, отражающий сравнительную значимость различных провайдеров. Также для самих поставщиков и пользователей одной из основных проблем с современными облачными центрами обработки данных является их огромное потребление энергии, что делает управление потреблением энергии одной из самых горячих тем исследований в области облачных вычислений [10]. Данный вопрос касается больше эффективности их применения.

Рассмотрим критерии, которые необходимо учитывать при выборе провайдера облачных услуг.

Используемое оборудование

Надежность облачной платформы зависит во многом от того, какое будет использоваться оборудование для ее построения. При проведении проверки надежности оборудования провайдера следует обратить внимание на такие моменты:

1. *Оборудование должно быть современным.* Если провайдер будет использовать старое оборудование, то это будет сказываться на надежности и производительности облачного сервиса.

2. *Класс оборудования.* У каждого производителя оборудования имеются различные линейки, которые рассчитаны на решение разных задач – от

корпоративных промышленных решений, до низкобюджетных и средних решений, а также до моделей бытового уровня. Поэтому чем выше будет класс оборудования, тем производительнее и функциональнее будет облачная платформа провайдера облачных услуг.

3. *Оборудование ведущих в отрасли производителей.* Использование облачным провайдером серверов из низкобюджетного сегмента (например, Supermicro) повышает вероятность выхода из строя таких серверов, а это может привести к их перезапуску.

4. *Резервирование, дублирование и отсутствие единой точки отказа.* Используемое оборудование необходимо задублировать по направлениям:

- серверы должны обеспечивать необходимый запас мощности на тот случай, если будут скачки потребления вычислительных ресурсов;
- серверы необходимо обеспечить задублированными блоками охлаждения и питания;
- системе хранения данных необходимо быть задублированной либо должно быть два независимых контроллера;
- если из строя выйдет любой один элемент оборудования, это не должно повлиять на работоспособность комплекса в целом;
- сетевое оборудование должно дублироваться.

Производительность дисковой подсистемы

Базовый набор облачных ресурсов включает в себя вычислительные ресурсы процессора, исчисляемые в ГГц, оперативную память в ГБ и дисковое пространство в ГБ. К выбору необходимых параметров вычислительных ресурсов следует подходить особенно тщательно, так как на эффективную работу приложения влияет не столько объем выданного дискового пространства, сколько производительность дисковой подсистемы.

Выдача провайдером облачных услуг клиенту дисков какого-либо типа не будет гарантировать, что производительность будет соответствовать ожиданиям, поскольку она зависит и от нагрузки, которая создается другими потребителями облака.

Единственным реальным средством оценки дискового пространства и его производительности будут являться IOPs и Latency. IOPs – это количество выполненных операций при чтении-записи в секунду. Latency – это уровень задержек, возникающих при обращении к дискам.

В данных условиях важно, чтобы сервис-провайдер давал возможность управления IOPs-ами и раскрывал информацию об используемых дисковых массивах своей инфраструктуры.

Если облачный провайдер гарантирует показатели производительности (IOPs и latency), тогда клиенту нет необходимости разбираться, какие типы дисков использует провайдер [11].

Надежность площадки

Важным уровнем, который определяет доступность облачных услуг, является площадка, на которой будет размещена облачная платформа. Определяющий момент, который будет говорить о доступности площадки, – это то, что облачный провайдер

готов проводить демонстрацию своей площадки для потенциальных клиентов. Но для полной уверенности в надёжности площадки этого недостаточно.

Большинство дата-центров заявляют, что по категории надежности Tier III их инфраструктура соответствует стандарту. Однако это не всегда так.

Очень затруднительно посещать дата-центры и проверять, так ли это. Проверяющему эксперту потребуются инженерные знания и значительные временные затраты.

Поэтому более надежный и простой способ проверить облачного провайдера – это запросить у него наличие сертификатов, которые подтверждены международной организацией (Uptime Institute).

На официальном сайте института можно посмотреть подтвержденные сертификаты UTI для российских дата-центров.

Служба поддержки

Если облачный провайдер не будет выстраивать четкие процессы по сопровождению облачной инфраструктуры, то не получится обеспечить высокую доступность. К таким можно отнести управление инцидентами, запросами на обслуживание и управление изменениями.

Облачный провайдер использует единую систему для учета и обработки обращений от пользователей, а также регистрирует сообщения от систем мониторинга. Работа с инцидентами должна быть детально формализована. Это будет давать уверенность в том, что инциденты обрабатываются последовательно, и ни один не будет потерян, а их воздействие и время восстановления будут минимизированы.

Управление изменениями означает, что облачный провайдер использует определенный регламент по проведению изменений в инфраструктуре. Провайдер гарантирует, что какое-либо изменение тщательно протестировано, спланировано, подкреплено надежным планом реагирования в случае инцидента и проведено с минимальными рисками нарушения соглашения об уровне сервиса.

Служба поддержки является непосредственно лицом любого облачного провайдера. Она должна соответствовать следующим требованиям для сопровождения корпоративных облачных услуг:

- доступность по всем каналам в круглосуточном режиме 24/7/365;
- приём по разным каналам заявок: по телефону, по электронной почте, через веб;
- соблюдение и контроль метрик: максимальное время по решению типового запроса, время реакции на обращение, максимальное время по решению инцидента;
- оповещать о случившихся инцидентах и решать их, проводить регламентные работы;
- готовность провайдера помогать в решении проблем, которые выходят за рамки формального описания услуги и договора.

Профиль деятельности компании

Российские компании, которые предоставляют облачные услуги, можно отнести к таким профилям:

- *Специализированные облачные провайдеры.* Это компании, в которых ядром бизнеса является предоставление облачных ИТ-сервисов. Такие компании, как правило, имеют свое оборудование, которое размещено в арендованных дата-центрах.

- *Дата-центры.* С повышением использования облачных услуг всё большее количество дата-центров оказывают в дополнение и услуги по аренде инфраструктуры. Некоторые дата-центры оказывают облачные сервисы самостоятельно, другие – заключают соглашения с провайдерами облачных услуг.

- *Системные интеграторы.* В настоящее время практически каждый только многопрофильный интегратор обзавелся своим собственным облаком. Для такой компании характерно, что работа с облаком является одним из нескольких направлений деятельности и, как правило, этому направлению не уделяется должного внимания.

- *Поставщики (провайдеры) связи.* Одно из главных составляющих стабильной работы со своими виртуальными ресурсами, которые размещены в облаке, – это хороший канал для облака. Поэтому многие провайдеры начинают расширять портфель своих услуг облачными сервисами при поддержке облачных ИТ-провайдеров. Крупные же провайдеры связи делают это самостоятельно.

Вначале облачные ИТ-сервисы располагаются у операторов связи, оказывающих самостоятельно подобные услуги. А более проработанные услуги с организационной и с технической стороны – у компаний, специализирующихся на предоставлении облачных ИТ-сервисов.

Наиболее гибкими и надежными по оказанию облачных услуг считаются те компании, у которых облачные услуги являются основным направлением их деятельности. С точки зрения финансовой стабильности провайдера, положительным является та ситуация, когда помимо предоставления облачных сервисов есть и другие направления деятельности компании, например: разработка программного обеспечения, продажа оборудования и др.

Гипервизор

Напрямую заказчика не интересует, какой именно гипервизор использует сервис-провайдер. Но важно обратить внимание на следующее:

- Если использовать более продвинутый гипервизор, то это позволит обеспечить провайдеру более реальную высокую доступность сервиса, чем указанная в SLA.

- Если использовать более функциональный гипервизор, то это позволит гарантировать провайдеру более высокие показатели производительности виртуальных серверов.

- От выбора гипервизора будут зависеть поддерживаемые операционные системы и их стабильная работа.

- С точки зрения вероятности взломов и информационной безопасности использование разных гипервизоров будет иметь разную степень уязвимости.

Можно сказать, что использование лидирующих облачных провайдеров повышает безопасность, надежность и стабильность работы в облаке.

SLA

Все главные запросы по обслуживанию должны быть зафиксированы в SLA, в котором описаны услуги и целевые параметры по времени решения. Нетиповые запросы по обслуживанию должны иметь фиксированный срок, по которому определяется время планового решения.

Согласованный уровень предоставления сервиса фиксируется в SLA. Каждый провайдер облачных услуг несет финансовую ответственность при нарушении параметров SLA. Помимо этого, провайдеру в случае необходимости нужно обсуждать с клиентом индивидуальные параметры по качеству. Однако наличие компенсаций и SLA само по себе не гарантирует работу процесса управления уровнем сервиса. Для проверки необходимо убедиться в сервис-провайдере, а именно в том, что он постоянно собирает информацию по показателям SLA, проводит ее, анализирует и предпринимает при необходимости корректирующие действия.

Построение агрегированного рейтинга провайдеров облачных услуг методом порогового агрегирования

Классическим решением при построении ранжированного списка альтернатив, оцениваемых по нескольким критериям, является определение взвешенной суммы для каждой альтернативы по критериям и далее упорядочивание по этому значению. Однако у этого метода есть ограничение, которое заключается в необходимости обоснования суммирования и определения весов [4]. В нашей ситуации такого обоснования нет, и поэтому это не даст нам уверенности в том, что суммирование взвешенных оценок будет обоснованным и что это даст осмысленные результаты. Низкие оценки по одному критерию могут быть компенсированы высокими или средними оценками других критериев, что является неприемлемым.

Для устранения таких проблем в работе предлагается построить агрегированный рейтинг, который основан на применении правила порогового агрегирования и используется в задачах многокритериальной оценки. Параметрами, по которым будут оцениваться облачные провайдеры, будут являться рассмотренные выше критерии: используемое оборудование (ИО), производительность дисковой подсистемы (ПДП), надежность площадки (НП), служба поддержки (СП), профиль деятельности компании (ПДК), гипервизор (Г), SLA.

Главной характеристикой предложенного правила является его некомпенсаторный характер, заключающийся в том, что невозможно компенсировать низкое значение одного из критериев более высокими значениями по другим критериям. Благодаря такому свойству уменьшаются возможности самостоятельного улучшения облачным провайдером своего места в рейтинге путем увеличения данных в

своих показателях или указания только максимальных значений.

Правило порогового агрегирования и рейтинговый индекс

Пусть A – конечное множество альтернатив, которые оцениваются по n критериям. В нашей задаче построения агрегированного рейтинга провайдеров облачных услуг альтернативами будут конкретные фирмы-поставщики.

Команда облачной стратегии для рассматриваемых 10 облачных сервис-провайдеров экспертным путем проставляет баллы согласно четырехградационной шкале (табл. 1), где 1 будет соответствовать самой низкой оценке (градации), а 4 – самой высокой.

Таблица 1

Четырехградационная шкала оценок провайдеров		
Оценка	Балл	Описание
Отлично	4	Показатель очень высокий, практически идеальный вариант
Хорошо	3	Показатель выше минимальных значений, но не самый лучший вариант
Удовлетворительно	2	Показатель на минимальном удовлетворительном уровне, соответствует минимальным стандартам
Неудовлетворительно	1	Показатель низкий, не соответствует минимальным стандартам

Каждой альтернативе x из A поставлен в соответствие вектор $(x_1, \dots, x_n)$, где x_i – это ранг провайдера по соответствующему критерию i , т.е. $x_i \in \{1, \dots, 4\}$, $i = 1, \dots, n$.

Задача сводится к тому, чтобы на основании поставленных оценок $(x_1, \dots, x_n)$ командой по облачной стратегии для всех альтернатив x проранжировать множество A , т.е. для каждого провайдера найти его порядковый номер в агрегированном списке рейтинга.

Для каждого $x_j \in A$ пишем $x = (x_1, \dots, x_n)$. Поэтому множество A будет состоять из всех возможных n -мерных векторов вида $(x_1, \dots, x_n)$.

Для решения такой задачи применим пороговое правило [12–15] и рассчитаем индекс по методу пороговой оценки.

Правило порогового агрегирования состоит в том, что сначала сравниваются числа единиц, т.е. количество оценок «неудовлетворительно», («плохо») в векторах x и y . Если они не равны, то предпочтительнее тот вариант (вектор), который будет иметь меньше единиц (худших оценок). Если в x и y количество единиц поровну, то сравнивается количество средних оценок (число двоек). Тот вариант, у которого их меньше, будет считаться более предпочтительным и т.д. Если количество всех оценок поровну (и единиц, и двоек, и троек, и т.д.), то такие векторы считаются равными и несравнимыми. То есть если плохих оценок поровну, то лучшим будет тот вариант, у которого меньше средних [12].

Пусть m – число градаций, n – число параметров (критериев), $V_j(x)$ – количество рангов j в век-

торе x , т.е. $V_j(x) = \{1 \leq i \leq n : x_i = j\}$. Отметим, что $0 \leq V_j(x) \leq n$ для всех $j \in \{1, \dots, 4\}$ и $x \in A$ и $V_1(x) + \dots + V_4(x) = n$ для всех $x \in A$.

В соответствии с правилом порогового агрегирования, индекс альтернативы будет равен сумме количеств сочетаний из a по b (1):

$$F(x) = \sum_{j=1}^m C_{a(j)}^{b(j)}, \quad (1)$$

где количество сочетаний доопределено $C_{-1}^0 = 1$, и $C_n^{n+1} = 0$; a и b зависят от j и определены как (2), (3):

$$a(j) = n - V_j(x) + m - j - 1; \quad (2)$$

$$b(j) = m - j; \quad (3)$$

$V_j(x)$ определено как сумма: $V_j(x) = \sum_{q=1}^j \eta(q)$ и

$$\sum_{j=1}^m V_j(x) = n.$$

$\eta(q)$ определено как количество параметров, по которым данная альтернатива имеет значение q (q : градация от 1 до m).

После нахождения количества сочетаний a по b находим C по формуле комбинаторики (4):

$$C_a^b = \frac{a!}{b!(a-b)!}. \quad (4)$$

Функция предпочтения F в явном виде (для $m \geq 4$) представлена в работах [13, 15]. Подставив (2) и (3) в (1), получим комбинаторную формулу (5):

$$F(x) = \sum_{j=1}^m C_{n-V_j(x)+m-j-1}^{m-j} = \sum_{j=1}^m C_{n-(\eta(1)+\eta(2)+\dots+\eta(j))+m-j-1}^{m-j}. \quad (5)$$

В рамках нашей модели рейтингования провайдеров облачных услуг здесь n – число критериев для оценки, $m = 4$ – количество градаций (оценок). В нашем случае 1, 2, 3, 4. $V_j(x)$ – количество оценок j у провайдера x . Функция $F(x)$ принимает натуральное значение на любом векторе x , равное порядковому номеру этого вектора в описанном выше строгом предпочтении. Функция F обладает оптимальными свойствами, такими как Парето-доминирование, симметрия и др. [12–14].

Нормированный индекс предпочтения по методу порогового агрегирования будет равен

$$I_{\text{Threshold}} = \frac{F}{F_{\max}}, \quad (6)$$

где $F_{\max}$ – это максимальное значение индекса предпочтения. Нормированный индекс меняется от 0 до 1, и соответственно чем выше значение индекса, тем выше будет оценка.

Построение агрегированного рейтинга

В исследовании рассматривались данные 10 провайдеров облачных услуг, реально существующих на российском рынке. Каждый провайдер будет оцениваться по рассмотренным ранее 7 критериям.

Для идентификации провайдеров присвоены номера от 1 до 10 в соответствии с числом рассматриваемых поставщиков. Поскольку большая часть показателей являются качественными, за исключением некоторых показателей, характеризующих скорость, но в целом описывающих качественный критерий, то применим сразу экспертные оценки по шкале (см. табл. 1) и занесем их в табл. 2.

Таблица 2

Баллы критериев для рассматриваемых провайдеров

№	Провайдер	Критерии оценки						
		ИО	ПДП	НП	СП	ПДК	Г	SLA
1	ИТ-Град	4	4	4	4	2	3	2
2	Cloud4Y	3	4	4	4	4	4	3
3	Софтлайн	4	4	4	4	3	3	2
4	Мастерхост	1	4	2	4	3	3	3
5	Amazon	3	4	4	4	3	4	3
6	Microsoft	3	4	4	4	3	3	3
7	Ростелеком	3	4	3	4	3	3	3
8	Стек Групп	2	4	3	4	2	3	3
9	Даталайн	3	4	3	4	3	3	3
10	Selectel	4	4	4	4	4	3	4

Проиллюстрируем положение векторов в рейтинге в зависимости от их оценок, представленных в табл. 2, для нашего варианта, используя рассмотренный выше некомпенсаторный метод рейтингования.

$$(1, 2, 3, 3, 3, 4, 4)_1^4, (2, 2, 3, 3, 3, 4, 4)_2^8, \\ (2, 2, 3, 4, 4, 4, 4)_3^1, (2, 3, 3, 4, 4, 4, 4)_4^3, \\ (3, 3, 3, 3, 3, 4, 4)_5^7, (3, 3, 3, 3, 3, 4, 4)_6^9, \\ (3, 3, 3, 3, 4, 4, 4)_7^6, (3, 3, 3, 4, 4, 4, 4)_8^5, \\ (3, 3, 4, 4, 4, 4, 4)_9^2, (3, 4, 4, 4, 4, 4, 4)_{10}^{10}.$$

Нижний индекс справа указывает порядковый номер у вектора в рейтинге. Верхний индекс справа указывает порядковый номер провайдера в табл. 2.

Теперь рассчитаем индекс предпочтения по формуле (5). Рассмотрим пример расчета для максимума значений индекса.

Для количества параметров $n = 7$ и числа градаций $m = 4$ находим индекс лучшей альтернативы, т.е. альтернативы, у которой все значения = 4.

$$\eta(1) = \eta(2) = \eta(3) = 0;$$

$$\eta(4) = 7;$$

$$V(1) = V(2) = V(3) = 0;$$

$$V(4) = 7;$$

$$a(1) = n - V(1) + m - j - 1 = 7 - 0 + 4 - 1 - 1 = 9;$$

$$a(2) = 7 - 0 + 4 - 2 - 1 = 8;$$

$$a(3) = 7 - 0 + 4 - 3 - 1 = 7;$$

$$a(4) = 7 - 7 + 4 - 4 - 1 = -1;$$

$$b(1) = m - 1 = 4 - 1 = 3;$$

$$b(2) = 4 - 2 = 2;$$

$$b(3) = 4 - 3 = 1;$$

$$b(4) = 4 - 4 = 0.$$

Индекс лучшей альтернативы:

$$F_{\max} = C_9^3 + C_8^2 + C_7^1 + C_{-1}^0.$$

Приведем подробный пример расчета отношения C_9^3 по формуле (4):

$$C_9^3 = \frac{9!}{3!(9-3)!} = \frac{6 \times 7 \times 8 \times 9}{3 \times 6!} = \frac{504}{6} = 84.$$

$$\text{Итак, } F_{\max} = 84 + 28 + 7 + 1 = 120.$$

То есть, максимальное значение индекса – 120.

Рассчитаем теперь индекс предпочтительности для провайдера с наихудшими оценками, имеющего порядковый номер 1 в рейтинге:

$$\eta(1)=1; \eta(2)=1; \eta(3)=3; \eta(4)=2;$$

$$V(1)=1; V(2)=2; V(3)=5; V(4)=7;$$

$$a(1) = n - V(1) + m - j - 1 = 7 - 1 + 4 - 1 - 1 = 8;$$

$$a(2) = 7 - 2 + 4 - 2 - 1 = 6;$$

$$a(3) = 7 - 5 + 4 - 3 - 1 = 2;$$

$$a(4) = 7 - 7 + 4 - 4 - 1 = -1;$$

Значения $b(1-4)$ будут такими же.

Индекс для альтернативы с порядковым номером 1 в рейтинге:

$$F_1 = C_8^3 + C_6^2 + C_2^1 + C_{-1}^0 = 56 + 15 + 2 + 1 = 74.$$

Тогда нормированное значение согласно формуле (6)

$$I_1 = \frac{74}{120} = 0,617.$$

Аналогично рассчитываем другие индексы, находим нормированные значения и заносим результаты в табл. 3. Для упрощения расчетов воспользуемся средствами Microsoft Excel.

Таблица 3

Рейтинг провайдеров со значениями функций предпочтения

№	Провайдер	Значение функции $F(x)$ (индекса предпочтения)	Нормированное значение индекса предпочтения
1	Selectel	119	0,992
2	Cloud4Y	118	0,983
3	Amazon	117	0,975
4	Microsoft	116	0,967
5	Даталайн	115	0,958
6	Ростелеком	115	0,958
7	Софтлайн	110	0,917
8	ИТ-Град	104	0,867
9	Стек Групп	102	0,85
10	Мастерхост	74	0,617

На рис. 1 представлен рейтинг провайдеров услуг в виде графика.

Рис. 1. График рейтинга провайдеров облачных услуг

Исходя из проведенных расчетов по методу порогового агрегирования, наилучшим провайдером облачных услуг является Selectel со значением функции предпочтения, равной 119. Наихудшим из рассматриваемых является Мастерхост со значением 74.

Заключение

Предложена модель выбора провайдеров облачных услуг на основе применения метода порогового агрегирования, который используется в задачах многокритериального оценивания. На основе предложенной модели построен рейтинг, отражающий сравнительную значимость различных провайдеров облачных услуг для предприятия.

Использование рейтингового индекса на основе правила порогового агрегирования выражает не только количественные, но и качественные рейтинговые показатели, а также более чувствительно (по сравнению с другими методами) учитывает веса оценок.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-07-00031 «Модели, алгоритмы и программное обеспечение системы поддержки принятия стратегических решений к переходу на облачные технологии».

Литература

1. Исследование TAdviser: Самые зрелые провайдеры облачных сервисов в России, 10.10.2018 // TAdviser [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/>, свободный (дата обращения: 23.10.2018).
2. Разумников С.В. Разработка модели процесса формирования облачной ИТ-стратегии // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: сб. тр. XV Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. С.У. Увайсова. – М.: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2018. – С. 118–122.
3. Разумников С.В. Разработка ИТ-стратегии и проектирование частной облачной среды на предприятии // Инновационные технологии в машиностроении: сб. тр. IX Междунар. науч.-практ. конф. – 2018. – С. 200–202.
4. Разумников С.В. Интегральная модель оценки результативности внедрения облачных ИТ-сервисов // Научные труды Вольного экономического общества России. – 2016. – Т. 201, № 4. – С. 492–504.
5. Алескеров Ф.Т. Пороговое агрегирование трехградационных ранжировок / Ф.Т. Алескеров, Д.А. Юзбашев, В.И. Якуба // Автоматика и телемеханика. – 2007. – Выпуск 1. – С. 147–152.
6. Aleskerov F. A threshold aggregation of three-graded rankings / F. Aleskerov, V. Yakuba, D. Yuzbashev // Math. Social Sci. 53 –2007. – P. 106–110.
7. Aleskerov F. The threshold aggregation / F. Aleskerov, V.V. Chistyakov, V.A. Kalyagin // Econ. lett. 107. – 2010. – No. 2. – P. 161–162.
8. Aleskerov F. Social threshold aggregations / F. Aleskerov, V. Chistyakov, V. Kalyagin // Social Choice and Welfare. – 2010. – Vol. 35, № 4. – P. 627–646.
9. Гачко Д. IaaS для бизнеса по кирпичикам / Д. Гачко, А. Стародобцев // ИТ-ГРАД – СПб., 2014. – 25 с.
10. A cloud server energy consumption measurement system for heterogeneous cloud environments / W. Lin, H. Wang, Y. Zhang, D. Qi et al. // Information Sciences. – Vol. 468. – November 2018. – P. 47–62.
11. Управление IOPs при аренде виртуальной инфраструктуры. How many IOPs is enough? // IT-GRAD [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.it-grad.ru/competence-center/technical-blog/14/>, свободный (дата обращения: 23.10.2018).
12. Алескеров Ф.Т. Бинарные отношения, графы и коллективные решения / Ф.Т. Алескеров, Э.Л. Хабина, Д.А. Шварц. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Физматлит, 2012. – 344 с.
13. Калягин В.А. Аксиоматическая модель некомпенсаторного агрегирования: Препринт WP7/2009/01 / В.А. Калягин, В.В. Чистяков. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2009. – 76 с.
14. Оценка вклада научных работников методом порогового агрегирования / Ф.Т. Алескеров, Е.С. Катаева, В.В. Писляков, А.И. Якуба // Управление большими системами. Спец. вып. 44: Наукометрия и экспертиза в управлении наукой. – 2013. – С. 172–189.
15. Гончаров А.А. Некомпенсаторное агрегирование и рейтингование студентов / А.А. Гончаров, В.В. Чистяков // XI Междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества: в 3 кн. / отв. ред. Е.Г. Ясин; Высшая школа экономики. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. – С. 89–99.

Разумников Сергей Викторович

Канд. техн. наук, доцент отделения цифровых технологий Юргинского технологического института (филиала) Национального исследовательского Томского политехнического университета (НИ ТПУ) Ленинградская ул., д. 26, г. Юрга, Россия, 652057
Тел.: +7 (384-5) 17-77-64
Эл. почта: demolove7@inbox.ru

Razumnikov S.V.

Noncompensatory aggregation and rating of cloud service providers

As the trend towards the transfer of applications and tasks to the cloud expands, manufacturers are increasingly emphasizing partnerships with cloud service providers. When choosing a cloud service provider, customers often compare the various parameters of the sites on which the cloud is deployed. The paper proposes a model for choosing cloud service providers based on the use of the threshold aggregation method, which is used in multi-criteria evaluation tasks. The main characteristic of the proposed method is its non-compensatory nature. It is impossible to compensate for the low value of the criterion used by the high values of other criteria. Based on the proposed model, a rating is constructed reflecting the relative importance of various cloud service providers for the enterprise.

Keywords: cloud technologies, model, provider, service, choice, non-compensatory, rating, threshold aggregation method.

doi: 10.21293/1818-0442-2018-21-4-63-69

References

1. Issledovanie TAdviser: Samye zrelye provajdery oblachnyh servisov v Rossii [The most mature cloud service providers in Russia]. TAdviser, 10.10.2018. Available at: <http://www.tadviser.ru/index.php/> (accessed: October 23, 2018).

2. Razumnikov S.V. Razrabotka modeli processa formirovaniya oblachnoj IT-strategii [Development of a model for the formation of a cloud IT strategy]. Sbornik trudov XV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacionnye, informacionnye i kommunikacionnye tekhnologii» [Proceedings of the XV International Scientific Practical Conference «Innovative, information and communication technologies»]. Sochi, 2018, pp. 118–122 (in Russ.).
3. Razumnikov S.V. Razrabotka IT-strategii i proektirovanie chastnoj oblachnoj sredy na predpriyatii [Developing an IT strategy and designing a private cloud environment in an enterprise]. Sbornik trudov IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Innovacionnye tekhnologii v mashinostroenii» [Proceedings of the IX International Scientific Practical Conference «Innovative technologies in mechanical engineering»]. Yurga, 2018, pp. 200–202 (in Russ.).
4. Razumnikov S.V. [Integrated model for assessing the impact of cloud IT services implementation]. *Scientific works of the Free Economic Society of Russia*, 2016, vol. 201, no. 4, pp. 492–504 (in Russ.).
5. Aleskerov F.T., Yuzbashev D.A., Yakuba V.I. Porogovoe agregirovanie trekhgradacionnyh ranzhirovok [Threshold aggregation of three-grade rankings]. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and Remote Control], 2007, vol. 1, pp. 147–152 (in Russian).
6. Aleskerov F., Yakuba V., Yuzbashev D. A threshold aggregation of three-graded rankings. *Math. Social Sci.* 53, 2007, pp. 106–110.
7. Aleskerov F., Chistyakov V.V., Kalyagin V.A. The threshold aggregation. *Econ. lett.* 107, 2010, № 2, pp. 161–162.
8. Aleskerov F., Chistyakov V., Kalyagin V. *Social threshold aggregations // Social Choice and Welfare*. 2010, vol. 35, №4, pp. 627–646.
9. Gachko D., Starodobcev A. *IaaS dlya biznesa po kirpichikam* [IaaS for business by brick]. IT-GRAD, Saint-Petersburg, 2014 g., 25 p. (in Russ.).
10. Lin W., Wang H., Zhang Y., Qi D., Wang J.Z., Chang V. A cloud server energy consumption measurement system for heterogeneous cloud environments. *Information Sciences*, 2018, vol. 468, pp. 47–62.
11. Upravlenie IOPs pri arende virtual'noj infrastruktury. How many IOPs is enough? [Managing IOPs when renting a virtual infrastructure]. IT-GRAD. Available at: <https://www.it-grad.ru/competence-center/technical-blog/14/> (accessed: October 23, 2018).
12. Aleskerov F.T., Habina E.H.L., Shvarc D.A. *Binary relationships, graphs and collective solutions*, 2012, 344 p. (in Russ.).
13. Kalyagin V.A., Chistyakov V.V. *Axiomatic model of non-compensatory aggregation. Preprint*, 2009, 76 p. (in Russ.).
14. Aleskerov F.T., Kataeva E.S., Pislyakov V.V., Yakuba A.I. Ocenka vklada nauchnyh rabotnikov metodom porogovogo agregirovaniya [Assessment of the contribution of researchers by the method of threshold aggregation]. *Upravlenie bol'shimi sistemami* [Large system management]. 2013, pp. 172–189.
15. Goncharov A.A., Chistyakov V.V. Nekompensatornoe agregirovanie i rejtingovanie studentov [Noncompensatory aggregation and rating of students]. *XI Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya po problemam razvitiya ehko-nomiki i obshchestva* [XI International Scientific Conference on Economic and Social Development]. 2011, pp. 89–99.

Sergey V. Razumnikov

Candidate of Engineering, Associate Professor,
Department of Digital Technology,
Yurga Technological Institute (branch)
of the National Research Tomsk Polytechnic University
26, Leningradskaya st., Yurga, Russia, 652055
Phone: +7 (384-5) 17-77-64
Email: demolove7@inbox.ru